

## Information générale

### Cours

**Titre** Introduction à la physique numérique

**Sigle** PHY 1234

**Site StudiUM** <https://studium.umontreal.ca/course/view.php?id=299374>

**Faculté / École / Département** Faculté des Arts et des Sciences – Département de Physique

**Trimestre** Automne

**Année** 2024

**Déroulement du cours**

- Jeudi 13h30-16h20, local A-2521.1 MIL
  - 1<sup>ère</sup> heure variable : séance de cours et/ou de travail pratique
  - 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> heure : séance de travail pratique
- Vendredi 12h30-14h20, local A-2521.1 MIL – séance de cours

**Charge de travail hebdomadaire** Environ 8 à 10 heures, excluant les cours mais incluant les TP (pour compléter les laboratoires)

### Enseignant(e)

**Nom et titre** David Lafrenière, professeur, département de physique

**Coordonnées** B-3413 MIL, [david.lafreniere@umontreal.ca](mailto:david.lafreniere@umontreal.ca)

**Disponibilités** Voir site StudiUM

### Personne-ressource : auxiliaires d'enseignement

**Noms et coordonnées** Émile Baril, [emile.baril.1@umontreal.ca](mailto:emile.baril.1@umontreal.ca)

Mathis Bouffard, [mathis.bouffard@umontreal.ca](mailto:mathis.bouffard@umontreal.ca)

Dereck-Alexandre Lizotte, [dereck-alexandre.lizotte@umontreal.ca](mailto:dereck-alexandre.lizotte@umontreal.ca)

Audréanne Matte-Landry, [audreanne.matte-landry@umontreal.ca](mailto:audreanne.matte-landry@umontreal.ca)

François-Pierre St-Jacques, [francois-pierre.st-jacques@umontreal.ca](mailto:francois-pierre.st-jacques@umontreal.ca)

**Disponibilités** Voir site StudiUM

## Description du cours

**Description simple** Initiation à la programmation scientifique. Apprentissage de méthodes de calculs numériques. Modélisation et analyse de systèmes déterministes simples, de phénomènes stochastiques, et de systèmes complexes.

**Description détaillée** Dans un contexte scientifique et en utilisant le langage de programmation Python, le cours apprendra aux étudiants(es) les bases de la programmation informatique. Les principaux éléments de programmation qui seront abordés incluent, sans s'y restreindre, les types d'objets, les opérations et expressions de base, les entrées et sorties, les instructions conditionnelles, les boucles de répétition, l'utilisation et la définition de fonctions, la rédaction d'un code source, l'utilisation des modules Numpy et Matplotlib, et la production de figures et graphiques. Ensuite, différentes méthodes et approches numériques permettant de solutionner divers problèmes rencontrés en physique seront introduites. Celles-ci incluent, sans s'y limiter, la différentiation et l'intégration numérique, la résolution d'équations différentielles linéaires et non linéaires, les solutions itératives, l'optimisation et la méthode Monte Carlo. À travers des exemples en classe et des travaux de laboratoire, le cours introduira les étudiants(es) à certains domaines de la physique où l'approche numérique est centrale, tels que la diffusion, le chaos, et la complexité. Les phénomènes physiques qui seront étudiés incluent par exemple le mouvement orbital de planètes, l'agrégation de particules, et la propagation de feux de forêts.

## ▶ Apprentissages visés

### Intentions pédagogiques

- Initier les étudiants(es) à la programmation informatique dans un contexte scientifique.
- Développer chez les étudiants(es) la maîtrise de méthodes, approches et outils numériques et graphiques permettant de solutionner ou de simuler sur ordinateurs divers problèmes et phénomènes rencontrés en physique.
- Introduire les étudiants(es) à certains domaines de la physique où l'approche numérique est centrale.
- Améliorer l'esprit d'analyse des étudiants(es) à travers l'élaboration d'algorithmes de résolution de problèmes et de modélisation de systèmes physiques.
- Entraîner les étudiants(es) à présenter et à bien interpréter les résultats de calculs et de simulations numériques.

### Objectifs d'apprentissage

À la fin du cours, les étudiants(es) seront capables :

- De créer des programmes informatiques en utilisant le langage Python;
- De rédiger des codes Python clairs, bien structurés, efficaces et bien commentés;
- D'exploiter les fonctionnalités de base du langage Python ainsi que celles des modules NumPy et Matplotlib;
- De concevoir des algorithmes informatiques pour effectuer des tâches simples et complexes;
- D'exécuter divers calculs numériques tels la différentiation, l'intégration, la résolution d'équations différentielles, la détermination de racines et d'extrema, l'ajustement de paramètres de modèles, etc.;
- De modéliser par ordinateur des phénomènes physiques simples et complexes, déterministes et stochastiques;
- De présenter des résultats sous forme de figures claires et informatives;
- D'évaluer et d'interpréter adéquatement les incertitudes sur les résultats de calculs ou simulations numériques;
- De poser un regard critique sur les résultats, la validité ou les limites d'un modèle numérique.

## ► Calendrier

Séances	Contenus	Évaluations (date de remise)
Semaine 1	Présentation et déroulement du cours. Introduction à la programmation. Éléments de base de programmation (objets, assignations, opérations, manipulations de chaînes et listes).	
Semaine 2	Éléments de base de programmation (instructions conditionnelles, boucles de répétition, fonctions, méthodes, modules et paquets).	Laboratoire 1 20 sep.
Semaine 3	Module Numpy (calculs numériques avec tableaux) ; module Matplotlib.pyplot (figures et graphiques) ; définition de fonctions originales ; affichage formaté.	Laboratoire 2 4 oct.
Semaine 4	Lecture et écriture de fichiers ; différentiation numérique.	
Semaine 5	précision numérique ; interpolation numérique ; intégration numérique ; génération de nombres aléatoires uniformes.	Laboratoire 3 18 oct.
Semaine 6	Méthode Monte Carlo ; intégration Monte Carlo ; incertitudes en Monte Carlo ; génération de nombres aléatoires non-uniformes.	Laboratoire 4 28 oct.
Semaine 7	Recherche de racines (bissection et méthode de Newton) ; recherche d'extrema (méthode de grimpe par gradient et grimpe stochastique).	Laboratoire 5 4 nov.
Semaine 8	Recherche d'extrema (autres méthodes) ; ajustement de modèles ; intégration d'équations différentielles ordinaires (méthode d'Euler).	Laboratoire 6 18 nov.
Semaine 9	Intégration d'équations différentielles ordinaires (méthode de Heun) ; intégrations d'équations différentielles ordinaires du second ordre.	
Semaine 10	Modélisation du pendule linéaire, non-linéaire, avec et sans forçage et amortissement ; systèmes chaotiques ; intégration d'équations différentielles ordinaires avec Scipy.	Laboratoire 7 25 nov.
Semaine 11	Marche aléatoire ; marche aléatoire sur réseau ; modélisation de la diffusion et de l'agrégation ; invariance d'échelle et fractales ; production d'animations.	Laboratoire 8 2 déc.
Semaine 12	Systèmes complexes ; modèle tas-de-sable ; modèle feu-de-forêt ; modèle embouteillage.	Laboratoire 9 9 déc.
Semaine 13	Programmation orientée objet ; programmation d'interfaces graphiques ; analyse et traitement de son.	

**Attention !** L'ordre de présentation des sujets peut changer. Exceptionnellement, l'enseignant(e) peut apporter des modifications aux dates des évaluations. Le cas échéant, l'enseignant(e) doit obtenir l'appui de la majorité des étudiants(es) de sa classe. Veuillez vous référer à l'[article 4.8 du Règlement des études de premier cycle](#).

## ► Évaluations

Méthodes	Critères d'évaluation	Dates	Pondérations
<p>Neuf laboratoires de programmation.</p> <p>Un rapport écrit et les codes informatiques produits sont à remettre pour chaque laboratoire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Validité et complétude des éléments de réponse du rapport de laboratoire et qualité des figures/tableaux y figurant.</li> <li>Clarté, structure et efficacité des codes produits. Présence de commentaires adéquats.</li> <li>Voir le document sur les directives pour les rapports de laboratoire disponible sur StudiUM pour plus d'information.</li> </ul>	Voir calendrier ci-haut.	100% de la note finale Note. Les différents laboratoires n'ont pas tous la même pondération relative. Les deux premiers ont une pondération plus faible et les suivants auront tous plus ou moins la même pondération.

**Attention !** Exceptionnellement, l'enseignant(e) peut apporter des modifications à la pondération relative des évaluations. Le cas échéant, l'enseignant(e) doit obtenir l'appui de la majorité des étudiants(es) de sa classe. Veuillez vous référer à [l'article 4.8 du Règlement des études de premier cycle](#).

### Consignes et règles pour les évaluations

<b>Dépôts des travaux</b>	Chaque rapport est à remettre électroniquement par Studium avant la date limite indiquée sur chaque document de laboratoire (et sur Studium).
<b>Politique de retard</b>	Tout retard de plus de 8 h sans raison jugée valable entrainera une pénalité de 20%, à l'exception du premier retard de la session pour lequel une grâce est accordée. Les travaux ne seront plus acceptés au-delà de 7 jours de retard.
<b>Réalisation des travaux</b>	Les rapports de laboratoires doivent être rédigés de façon individuelle et indépendante par chaque étudiant.
<b>Qualité de la langue</b>	Jusqu'à 10% des points d'un rapport peuvent être enlevés si la qualité du français n'est pas adéquate.

## Utilisation des technologies en classe

<b>Enregistrement des cours</b>	L'enregistrement des cours par un étudiant n'est généralement pas autorisé. Si, pour des raisons valables, vous désirez enregistrer une ou plusieurs séance(s) de cours, vous devez préalablement obtenir l'autorisation écrite de votre enseignant(e) au moyen du formulaire prévu à cet effet ( <a href="https://cpu.umontreal.ca/fileadmin/cpu/documents/planification/formulaire-autorisation_enregistrement.docx">https://cpu.umontreal.ca/fileadmin/cpu/documents/planification/formulaire-autorisation_enregistrement.docx</a> ). Notez que la permission d'enregistrer NE donne PAS la permission de diffuser l'enregistrement.
<b>Prise de notes et activités d'apprentissage avec ordinateurs, tablettes ou téléphones intelligents</b>	L'utilisation d'un ordinateur est permise et même encouragée pendant les cours ; plusieurs exercices et exemples interactifs en nécessiteront l'usage. Toutefois, leur usage doit se restreindre à ce qui est directement en lien avec le cours (pas de flânage sur le web ou les réseaux sociaux, pas de clavardage, etc.). L'utilisation d'un ordinateur est essentielle lors des séances de travaux pratiques.

## ► Ressources

### Ressources obligatoires

<b>Documents</b>	Aucun
<b>Équipement (matériel)</b>	Ordinateur avec logiciel Python 3 installé*. Un tel ordinateur peut être emprunté à la bibliothèque du MIL pour de courtes périodes, mais il est fortement recommandé à chaque étudiant de s'en procurer un si possible. *Voir le document sur l'installation des logiciels, disponible sur StudiUM.

### Ressources complémentaires

<b>Documents</b>	Des notes de cours couvrant l'ensemble de la matière sont fournies sur StudiUM. Plusieurs ouvrages de référence supplémentaires sur la programmation en Python sont discutés au début du chapitre 2 des notes de cours, les principaux sont les suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Swinnen, G. Apprendre à programmer avec Python 3, version 5, disponible gratuitement à <a href="http://inforef.be/swi/python.htm">http://inforef.be/swi/python.htm</a></li> <li>• Langtangen, H.P., A Primer on Scientific Programming with Python, 5e éd., Springer (2016). Note : une version HTML est disponible gratuitement à <a href="http://hplgit.github.io/primer.html/doc/web/">http://hplgit.github.io/primer.html/doc/web/</a></li> <li>• Swaroop, C. H., A byte of Python, disponible gratuitement à <a href="https://python.swaroopch.com">https://python.swaroopch.com</a></li> </ul>
------------------	---

**N'oubliez pas !** Vous pouvez profiter des [services des bibliothécaires disciplinaires](#).

### Soutien à la réussite

De nombreuses activités et ressources sont offertes à l'Université de Montréal pour faire de votre vie étudiante une expérience enrichissante et agréable. La plupart d'entre elles sont gratuites. Explorez les liens ci-dessous pour en savoir plus.

Centre de communication écrite	<a href="http://cce.umontreal.ca/">http://cce.umontreal.ca/</a>
Centre étudiant de soutien à la réussite	<a href="http://cesar.umontreal.ca/">http://cesar.umontreal.ca/</a>
Citer ses sources et logiciels bibliographiques	<a href="https://bib.umontreal.ca/citer/comment-citer">https://bib.umontreal.ca/citer/comment-citer</a>
Services des bibliothèques UdeM	<a href="https://bib.umontreal.ca">https://bib.umontreal.ca</a>
Soutien aux étudiants en situation de handicap	<a href="http://bsesh.umontreal.ca/">http://bsesh.umontreal.ca/</a>

## ► Cadres réglementaires et politiques institutionnelles

### Règlements et politiques

Apprenez à connaître les règlements et les politiques qui encadrent la vie universitaire.

#### Règlement des études

Que vous soyez étudiant(e) régulier(ère), étudiant(e) libre ou étudiant(e) visiteur(se), connaître le règlement qui encadre les études est tout à votre avantage. Consultez-le !

<http://secretariatgeneral.umontreal.ca/documents-officiels/reglements-et-politiques/reglement-des-etudes-de-premier-cycle/>

<http://secretariatgeneral.umontreal.ca/documents-officiels/reglements-et-politiques/reglement-pedagogique-de-la-faculte-des-etudes-superieures-et-postdoctorales/>

#### Politique-cadre sur l'intégration des étudiants(es) en situation de handicap

Renseignez-vous sur les ressources disponibles les mieux adaptées à votre situation auprès du Bureau de soutien aux étudiants(es) en situation de handicap (BSESH). Le deuxième lien ci-contre présente les accommodements aux examens spécifiques à chaque école ou faculté.

[https://secretariatgeneral.umontreal.ca/public/secretariatgeneral/documents/doc\\_officiels/reglements/administration/adm10\\_25-politique-cadre\\_integration\\_etudiants\\_situation\\_handicap.pdf](https://secretariatgeneral.umontreal.ca/public/secretariatgeneral/documents/doc_officiels/reglements/administration/adm10_25-politique-cadre_integration_etudiants_situation_handicap.pdf)

<http://www.bsesh.umontreal.ca/accommodement/index.htm>

### Intégrité, fraude et plagiat

Problèmes liés à la gestion du temps, ignorance des droits d'auteurs, crainte de l'échec, désir d'égaliser les chances de réussite des autres – aucune de ces raisons n'est suffisante pour justifier la fraude ou le plagiat. Qu'il soit pratiqué intentionnellement, par insouciance ou par négligence, le plagiat peut entraîner un échec, la suspension, l'exclusion du programme, voire même un renvoi de l'université. Il peut aussi avoir des conséquences directes sur la vie professionnelle future. Plagier ne vaut donc pas la peine !

Le plagiat ne se limite pas à faire passer un texte d'autrui pour sien. Il existe diverses formes de manquement à l'intégrité, de fraude et de plagiat. En voici quelques exemples :

- Dans les travaux : Copier un texte trouvé sur Internet sans le mettre entre guillemets et sans citer sa source ; Soumettre le même travail dans deux cours (autoplégat) ; Inventer des faits ou des sources d'information ; Obtenir de l'aide non autorisée pour réaliser un travail.
- Durant les évaluations : Utiliser des sources d'information non autorisées ; Obtenir des réponses de façon illicite ; S'identifier faussement comme un(e) étudiant(e) du cours.

#### Site Intégrité

<https://integrite.umontreal.ca/accueil/>

#### Les règlements expliqués

<https://integrite.umontreal.ca/reglements/les-reglements-expliques/>