

► Information générale

Cours	
Titre	Biologie computationnelle et modélisation
Nombre de crédits	3
Sigle	BIO6032
Site StudiUM	
Faculté / École / Département	FAS / Sciences Biologiques
Trimestre	Hiver
Année	2021
Type de formation	Intégralement en ligne
Déroulement du cours	
Charge de travail hebdomadaire	Rencontre zoom : 3 modules de 45 minutes + 15 minutes de pause Travail personnel : environ 2 heures par séance + temps nécessaire pour les projets

Enseignant(e)	
Nom et titre	Dr. Timothée Poisot
Coordonnées	Courriel : timothee.poisot@umontreal.ca
Disponibilités	https://doodle.com/mm/timotheepoisot/45m

Description du cours	
Description simple	Ce cours présente les pratiques modernes de biologie computationnelles appliquées à des problèmes en biologie et écologie.
Description détaillée	<p>Sujets principaux : programmation scientifique, équilibre et stabilité des modèles biologiques, modèles stochastiques et calibration des modèles sur des données empiriques, sujets avancés en modélisation, méta-modélisation.</p> <p>Le cours est basé sur (i) de la pratique guidée et interactive (<i>live-coding</i>), et (ii) de l'apprentissage <i>via</i> des projets à la fin de chaque module de 3 cours.</p> <p>La date exacte de chaque module sera communiquée dans StudiUM, et nous aurons la possibilité d'ajouter des séances « tampon » pour revenir sur certains concepts. Dans le calendrier du cours ci-dessous, chaque module est décomposé en 3 sessions de 45 minutes, suivies de 15 minutes de pause. Le contenu de chaque session est indiqué dans la colonne « contenus ». Les documents à lire avant la séance seront communiqués via StudiUM.</p>
Place du cours dans le programme	Ce cours est obligatoire dans le cadre du programme de Maîtrise en Biologie Quantitative & Computationnelle. Il offre une formation à la modélisation mathématique pour la science computationnelle (principalement centrée sur la modélisation des systèmes complexes à travers l'utilisation d'équations différentielles), couplée à une introduction approfondie à la programmation pour l'implémentation, la simulation, et l'analyse des modèles. Ce cours <i>peut</i> faire suite au cours de Dynamique des Populations ou d'Écologie des Communautés.

► Apprentissages visés

Objectifs généraux

1. fournir une introduction aux bonnes pratiques de programmation pour le calcul scientifique (module 1)
2. introduire la méthodologie pour l'analyse et l'interprétation biologique des équilibres et de la stabilité des modèles (module 2)
3. illustrer l'application des modèles stochastiques, en utilisant l'exemple des dynamiques épidémiques (module 3)
4. calibrer les modèles sur des données empiriques (module 4)

Objectifs d'apprentissage

À l'issue du cours, les étudiant-e-s seront en mesure de

1. développer un modèle mathématique ou une simulation décrivant un système biologique
2. effectuer une analyse de stabilité et d'en faire une interprétation biologique
3. développer un méta-modèle pour accélérer les simulations
4. produire une implémentation efficace du modèle et visualiser les sorties
5. comparer les simulations déterministes et stochastiques du même modèle
6. rédiger un document technique expliquant la structure du modèle et son implémentation

► **Calendrier**

Séances (dates et titres)	Contenus (modules théoriques soulignés)	Activités
A.1 Bases de la programmation	<ul style="list-style-type: none"> - logique Booléenne - itération - conditionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> - comment penser comme un ordinateur ? - générer une série temporelle de base (modèle logistique) - modèle d'extinction-colonisation
A.2 Modularité du code	<ul style="list-style-type: none"> - écriture de fonctions - <i>dispatch</i>, introduction aux types, <i>type stability</i> - documentation et commentaires 	<ul style="list-style-type: none"> - indice de Shannon - généraliser les mesures de biodiversité - documenter et commenter le code
A.3 Performance	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation du profileur - gestion de la mémoire - <i>make it, make it work, make it go brrrrrr</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - lire les résultats du profilage - comprendre le coût en performance de différentes opérations - conseils généraux pour l'optimisation
B.1 Équilibres	<ul style="list-style-type: none"> - identification visuelle - <u>identification mathématique</u> - faisabilité des équilibres 	<ul style="list-style-type: none"> - équilibres du modèle logistique - méthodes de résolution des équilibres - modèle logistique avec effet Allee-Bowen
B.2 Stabilité 1	<ul style="list-style-type: none"> - <u>stabilité dans les systèmes linéaires</u> - <u>analyse de stabilité locale</u> - interprétation de la stabilité 	a déterminer
B.3 Stabilité 2	<ul style="list-style-type: none"> - <u>séries de Taylor</u> - <u>matrice Jacobienne et critères de Routh-Hurwitz</u> - interprétation de la stabilité 	a déterminer
C.1 Dynamiques épidémiques (IVP)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>introduction aux modèles par compartiments</u> - implémentation stochastique du modèle SIR - implémentation déterministe du modèle SIR 	<ul style="list-style-type: none"> - modéliser les contacts et la contagion - les épidémies comme réseaux de réactions - les épidémies comme systèmes d'ODEs
C.2 Dynamiques épidémiques (âge)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>ajout de classes d'âge dans le modèle SIR</u> - simulations avec différentes classes d'âge - généralisation 	<ul style="list-style-type: none"> - étude de cas : maladies infantiles - implémentation - analyse mathématique du modèle
C.3 Dynamiques épidémiques (espace)	<ul style="list-style-type: none"> - création d'un modèle SIR spatial - simulations sur différents réseaux spatiaux 	<ul style="list-style-type: none"> - création d'une structure spatiale - génération de réseaux aléatoires

	- analyse et généralisation	- visualisation des simulations
D.1 Calcul Bayésien Approximatif	- <u>principes de base du ABC</u> - illustration d'estimation des paramètres - choix des <i>priors</i>	- rappels sur le théorème de Bayes - estimation du taux de faux-négatif - discussion sur le choix des <i>priors</i>
D.2 Méta-modèles 1	- <u>introduction (rapide) aux réseaux de neurones</u> - création d'un ANN - entraînement d'un ANN sur des données simulées	- dissection d'un réseau à une seule couche - choix des entrées / affinage des hyper-paramètres - entraînement et visualisation
D.3 Méta-modèles 2	- <u>modèles d'ensemble</u> - utilisation d'un modèle d'ensemble pour reproduire des simulations - conclusion	- pourquoi utiliser des modèles d'ensemble ? - utilisation de forêts aléatoires et sur-calibration - discussion : modèles v. méta-modèles

Attention ! 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 étudiant(e)s de sa classe. Veuillez vous référer à l'[article 4.8 du Règlement des études de premier cycle](#) et à l'[article 28 du Règlement pédagogique de la Faculté des études supérieures et postdoctorales](#).

► Évaluations

Dates	Activités	Objectifs d'apprentissage visés	Critères d'évaluation	Pondérations
Fin de la partie 1	Automate cellulaire en temps discret	Bases de la programmation	Introduction du contexte (5 points) ; justification du modèle (10 points) ; modularité du code (5 points) ;	25 %
Fin de la partie 2	Biodiversité et productivité écosystémique	Analyse de stabilité et équilibres	documentation des fonctions (2 points) ; commentaires (3 points) ; visualisation des résultats (5 points) ;	25 %
Fin de la partie 3	Estimation du seuil d'immunité vaccinale	Simulations stochastiques et interprétation	présentation des résultats (5 points) ; discussion des résultats (10 points)	25 %
Fin de la partie 4	Sélection de modèles <i>via</i> ABC	Utilisation de données empiriques		25 %

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 étudiant(e)s de sa classe. Veuillez vous référer à l'[article 4.8 du Règlement des études de premier cycle](#) et à l'[article 28 du Règlement pédagogique de la Faculté des études supérieures et postdoctorales](#).

Consignes et règles pour les évaluations	
Absence à une évaluation	Ne s'applique pas
Dépôts des travaux	Les travaux doivent être rendus au plus tard deux semaines après la fin du module concerné. Les travaux remis en retard seront évalués, mais auront une note maximale de 15 % (de la note totale du cours).
Matériel autorisé	Tout matériel vu en cours, trouvé en ligne, issu de recherches personnelles, ...
Qualité de la langue	Français ou Anglais d'un niveau correct , avec la possibilité de retirer jusqu'à 5 points si la qualité est trop faible. Ne s'applique pas aux étudiant-e-s dont le Français ou l'Anglais n'est pas la langue principale.
Consignes pour les documents	<p>Les travaux doivent être rendus sous forme d'un dossier nommé BI06032_lastname_1 (ou 2, 3, 4), contenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <code>Project.toml</code> avec les packages utilisés pour le projet - <code>report.jmd</code>, un document au format Julia-markdown, qui contient l'ensemble du rapport, incluant le code pour générer les figures - <code>data/</code>, si besoin, un dossier contenant des données au format <code>.csv</code> seulement - <code>img/</code>, si besoin, un dossier contenant des illustrations <p>Les rapports seront compilés <i>automatiquement</i>, et vous ne devez donc pas rendre de document au format word, pdf, html, ... - un modèle sera fourni pour le premier rapport. Il est attendu que chaque rapport fasse entre 2500 et 3500 mots, avec entre 3 et 5 figures.</p>

► **Rappels**

Dates importantes	
Modification de l'inscription	
Date limite d'abandon	
Fin du trimestre	
Évaluation de l'enseignement Accordez à l'évaluation tout le sérieux qu'elle mérite. Vos commentaires contribuent à améliorer le déroulement du cours et la qualité de la formation.	

Attention ! En cas de différence entre les dates inscrites au plan de cours et celles publiées dans le Centre étudiant, ces dernières ont préséance. Accédez au Centre par le [Bureau du registraire](#) pour trouver l'information. Pour les cours à horaires atypiques, les dates de modification de l'inscription et les dates d'abandon peuvent être différentes de celles des cours à horaires réguliers.

Utilisation des technologies en classe	
Enregistrement des cours	Les modules seront tous enregistrés et diffusés sur YouTube en licence libre (CC-BY 4.0).
Prise de notes et activités d'apprentissage avec ordinateurs, tablettes ou téléphones intelligents	Toute technologie vous aidant dans votre apprentissage est autorisée.

► **Ressources**

Ressources obligatoires	
Documents	
Ouvrages en réserve à la bibliothèque	
Équipement (matériel)	

Ressources complémentaires	
Documents	
Sites Internet	
Guides	
Autres	

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	http://cce.umontreal.ca/
Centre étudiant de soutien à la réussite	http://cesar.umontreal.ca/
Services des bibliothèques UdeM	https://bib.umontreal.ca
Soutien aux étudiants en situation de handicap	http://bsesh.umontreal.ca/

► **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 étudiant(e)s en situation de handicap

Renseignez-vous sur les ressources disponibles les mieux adaptées à votre situation auprès du Bureau de soutien aux étudiant(e)s 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

<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 (autoplagiat) ; 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/>