

Vincent Thibeault

« *Approches spectrales et conditions structurelles
pour réduire la dimension des systèmes complexes* »

Les systèmes complexes sont constitués d'un grand nombre d'éléments en interaction dont l'évolution temporelle non linéaire conduit à l'émergence de phénomènes collectifs gouvernant leur fonctionnement. Par exemple, le cerveau humain contient près de 10^{11} neurones connectés dans un réseau complexe de 10^{14} synapses avec une activité électrochimique extrêmement riche qui sous-tend ses fonctions cognitives. Modéliser mathématiquement les systèmes complexes pour identifier rigoureusement les mécanismes à l'origine de tels phénomènes représente un défi colossal en raison de la grande quantité de variables à considérer.

Lors de cette soutenance, j'introduirai des approches spectrales développées durant mon doctorat pour réduire la dimension des systèmes complexes. Ces approches s'appuient sur des outils provenant de la dynamique non linéaire, de la physique statistique et de la mécanique quantique. J'expliquerai comment elles permettent d'obtenir des conditions structurelles pour réduire la dimension de divers systèmes dynamiques sur les réseaux complexes.

Je revisiterai d'abord la réduction dimensionnelle d'un modèle emblématique d'oscillateurs capables de se synchroniser. Bien qu'une telle réduction soit traditionnellement associée à des ensembles d'oscillateurs identiquement couplés, cette association s'avère restrictive. J'exposerai quatre théorèmes fondés sur la théorie de Koopman et les symétries de Lie qui énoncent des conditions générales pour la réduction dimensionnelle exacte du modèle. Je montrerai alors un lien clair entre les motifs d'interaction et l'existence de quantités conservées, en plus d'identifier ces motifs dans plusieurs réseaux empiriques.

Ensuite, j'introduirai l'« hypothèse de bas rang des systèmes complexes », une hypothèse selon laquelle les matrices d'interaction associées aux réseaux complexes possèdent de bas rangs effectifs. Je présenterai trois indicateurs spectraux pour vérifier l'hypothèse dans la littérature et dans une banque de réseaux empiriques d'origines diverses. L'analyse révèle que les réseaux complexes tendent à avoir de bas rangs effectifs, ce qui permet d'obtenir des bornes spectrales pour réduire la dimension de leurs dynamiques et des mécanismes menant à l'émergence d'interactions d'ordre supérieur dans les systèmes complexes.

Soutenance

de thèse de doctorat

Cette soutenance aura lieu

Vendredi, le 5 juin 2026 à 9h00
Endroit : Local 1168
Pavillon d'Optique-Photonique

Lien Zoom :

<https://ulaval.zoom.us/j/68914036837?pwd=bbjQZJUezcYQ1P3FViJ7kdEbGIMrSi.1>

En présence de :

P^r Antoine Allard

Directeur de recherche
Département de physique, de génie physique et
d'optique

P^r Patrick Desrosiers

Codirecteur de recherche
Département de physique, de génie physique et
d'optique

P^r Jean-François Fortin

Examineur
Département de physique, de génie physique et
d'optique

P^r Nicolas Doyon

Examineur
Département de mathématiques et de statistique

P^r Renaud Lambiotte

Examineur externe
Institut mathématique de l'Université d'Oxford

La soutenance sera sous la présidence de :

P^r Tigran Galstian

Directeur des programmes d'études supérieures
Département de physique, de génie physique et
d'optique

*Cette activité compte pour deux présences dans le cadre
du cours PHY-6000 – Séminaire de recherche en physique.*

