

Jouer avec les systèmes dynamiques complexes

France Caron, Université de Montréal

« Un système complexe est un ensemble constitué d'un grand nombre d'entités en interaction, ayant la capacité de générer un nouveau type de comportement collectif à travers une auto-organisation, incluant la formation spontanée de structures temporelles, spatiales ou fonctionnelles. [...] La reconnaissance du fait que le comportement du système ne peut être simplement inféré de la connaissance des comportements des composantes individuelles a mené à plusieurs nouveaux concepts et outils sophistiqués de modélisation mathématique pouvant contribuer à l'étude de nombreuses problématiques scientifiques, sociales et technologiques, qui ne peuvent être décrites adéquatement qu'en termes de complexité et de systèmes complexes. » (Meyers, 2011)

Quels concepts et approches de modélisation ont émergé avec l'étude mathématique de la complexité? Jusqu'à quel point ce champ des mathématiques est-il lié aux mathématiques typiquement enseignées et apprises? En constitue-t-il un prolongement logique, un changement important ou un enrichissement possible? L'enseignement des mathématiques gagnerait-il développer un lien plus fort avec l'analyse des systèmes complexes et de leur dynamique? Et si oui, à quel niveau? En construisant sur quoi? En s'éloignant de quoi? En utilisant quoi?

« Nous croyons qu'avec le temps et des efforts en ce sens, les innovations dans les représentations informatiques rendront possible un accès démocratique aux systèmes dynamiques. » (Kaput et Roschelle, 1999; republié en 2013).

Des outils informatiques de modélisation dynamique et de simulation existent depuis près de trente ans pour l'étude de systèmes complexes, d'autres sont beaucoup plus récents, mais tous demeurent relativement peu présents dans les écoles. Ces outils pourraient-ils être utiles dans l'enseignement actuel? Leur présence pourrait-elle conduire à envisager de nouvelles orientations à l'enseignement et à l'apprentissage des mathématiques? D'autres outils et approches seraient-ils plus appropriés pour intégrer la notion de complexité dans l'enseignement des mathématiques ?

À partir de simulations et de jeux, les participants à cet atelier dégageront certains des concepts et approches associés à l'étude des systèmes complexes. Ils seront conviés ensuite à une activité de conception d'un jeu pour modéliser un système écologique complexe. Cela permettra d'ouvrir sur les outils de modélisation pour l'étude des systèmes dynamiques complexes et d'engager la discussion sur leur potentiel d'intégration dans les mathématiques du secondaire.

Meyers, R. A. (Ed.) (2011) *Mathematics of Complexity and Dynamical Systems* - selections from the *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. New York: Springer.

Kaput, J.J. and Roschelle, J. (1999) *The Mathematics of Change and Variation from a Millennial Perspective: New Content, New Context* in Hoyles, C., Morgan, C., & Woodhouse, G. (Eds.). (1999). *Rethinking the mathematics curriculum* (pp. 155–170). London: Falmer Press.

Des simulateurs à explorer avant l'atelier – au moins trois ou quatre...

- Le Jeu de la vie (the Game of Life) : <http://www.bitstorm.org/gameoflife/>
- Le feu de forêt :
 - <http://www.shodor.org/interactivate/activities/ABetterFire/>
- Des systèmes sociaux :
 - Le modèle de l'électeur :
<http://math.berkeley.edu/~bgillesp/apps/voter/>
 - La communauté urbaine (et sa stratification sociale):
<http://netlogoweb.org/launch#http://netlogoweb.org/assets/modelslib/Curricular%20Models/Urban%20Suite/Urban%20Suite%20-%20Economic%20Disparity.nlogo>
- Des systèmes écologiques :
 - Lynx et lièvres : <https://forio.com/simulate/netsim/predator-prey-dynamics/simulation/#>
 - Proie-prédateur : <https://web.njit.edu/~matveev/javascript/jjj.html>
 - Proie-prédateur en 3D :
<https://www.youtube.com/watch?v=Vjp9I-EYRUA>
 - Compétition entre unicellulaires :
<https://www.youtube.com/watch?v=jM9iizyCav8>

Des questions pour orienter l'exploration d'un simulateur :

- Connait-on les « règles du jeu » de ce simulateur ? Peut-on les inférer par observation ? Ou en se rapportant à la situation qu'on cherche à simuler ?
- Peut-on établir des liens avec des concepts ou techniques mathématiques ? Si oui, avec lesquels ?
- Quels seraient les apports et les limites de ce simulateur pour :
 - Rendre compte de la réalité qu'on souhaite modéliser
 - Apprendre (ou enseigner) certaines notions mathématiques
 - Développer des compétences de modélisation