Chaire Finance et développement durable

Partenaires : Ecole Polytechnique – Université Paris-Dauphine – EDF - CACIB

Responsables Scientifiques : Pierre-Louis Lions (Collège de France) – Jean-Michel Lasry (Université Paris-Dauphine)

Site internet : https://www.institutlouisbachelier.org/programme/chaire-finance-et-developpement-durable/

DESCRIPTION DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Le programme scientifique de la Chaire pour la période 2022-2026 s'inscrit dans les objectifs définis lors de la création du projet en 2006 : développer des modélisations scientifiques et des méthodes quantitatives pour la recherche d'une économie durable et d'une finance responsable.

Sur le plan méthodologique, nous poursuivrons le développement et l'application des méthodes quantitatives très innovantes, pertinentes et efficaces qui font la renommée de la Chaire : jeux à champ moyen, modèles d'agence, théorie des graphes et méthodes numériques. De nouvelles méthodes, issues des développements récents dans le domaine de l'intelligence artificielle, sont venues s'ajouter à cette base initiale. Ces méthodes quantitatives constituent la base méthodologique des travaux menés sur les thématiques exposées ci-dessous, et permettent de réaliser des avancées autrement impossibles (voir ci-dessous, Base méthodologique).

En termes de thématiques, les axes de recherche pour la période 2022-2026 ont été conçus pour porter sur l'analyse des crises écologiques et sanitaires, ainsi que sur les moyens de réaliser des transitions (écologique, énergétique, agricole) plus brutales et rapide que prévu. Un troisième axe porte plus spécifiquement sur la modélisation des objets connectés, compte tenu de leur rôle central dans les transitions.

- Axe 1. Gestion des risques dans un contexte de changement climatique et de transitions (écologique, énergétique, agricole).
- Axe 2. Risque et acteurs systémiques
- Axe 3. Modélisation des réseaux de machines et autres objets connectés

La base méthodologique comprend les approches suivantes :

Jeux à champ moyen :
La création de la Chaire FDD en 2006 a joué un rôle déterminant dans l'émergence de la théorie des jeux à champ moyen (MFG). Cette théorie a été développée à l'origine par Jean-Michel Lasry et Pierre-Louis Lions pour fournir des méthodes mathématiques adaptées à la modélisation des externalités en économie, enjeu central du développement durable, et plus généralement pour permettre la construction de modèles d'équilibre qui devraient devenir la base outil d'aide à la décision collective dans tous les domaines, pas seulement en économie.

La recherche sur les MFG s'est développée extrêmement rapidement ces dernières années, en réponse au fort intérêt manifesté par les mathématiciens et les spécialistes des sciences sociales.

D'une part, les MFG ont soulevé de nombreuses questions mathématiques extrêmement intéressantes autour d'un nouveau type d'équations aux dérivées partielles (EDP) non linéaires. D'autre part, l'utilisation des MFG en sciences sociales (sous-tendue par la nécessité de construire des modèles d'équilibre comme outils fondamentaux d'aide à la décision collective dans tous les domaines) s'est avérée pertinente dans un large éventail de sujets (modélisation de la répartition des richesses, analyse transitions technologiques, utilisation optimale des ressources épuisables…).

Alors que les premières études sur les MFG se concentraient sur les "systèmes avant-arrière" se produisant lorsque les risques de tous les agents sont idiosyncratiques (c'est-à-dire liés à des événements n'affectant pas l'ensemble de la communauté concernée), la théorie des MFG a ensuite été développée pour des situations présentant tous les types de risques : c'est-à-dire les agents sont confrontés à des risques idiosyncratiques, mais sont également vulnérables aux événements affectant l'ensemble de la population (risques systémiques ou variables aléatoires affectant tout le monde, tels que les prix des matières premières, la météo, etc.). Dans ce dernier cas, l'équilibre MFG conduit à une équation maîtresse (EM) qui est une EDP non linéaire de dimension infinie.

L'étude de la EM était, il y a dix ans, un objectif mathématiquement ambitieux. Les théorèmes mathématiques fondamentaux concernant le EM ont maintenant été prouvés et publiés.

Une avancée fondamentale est désormais en cours : la résolution numérique du ME. Cette résolution numérique est obtenue par une combinaison étroite de méthodologies classiques d'analyse numérique et de simulation stochastique (Monte-Carlo) et d'une architecture de réseau neuronal récursif. Cette percée ouvrira un champ d'application extrêmement large, aux problématiques R&D et industrielles, et dans des registres aussi lointains que l'aide à la décision collective d'une part, et l'optimisation de protocoles pour les foules d'objets connectés d'autre part.

<u>EDP dépendant de la trajectoire, jeux différentiels stochastiques et théorie des contrats :</u>
Ces approches trouvent leur origine dans les travaux de Nizar Touzi sur les équations aux dérivées partielles dépendantes du chemin. L'objectif principal de ce travail est d'étendre les méthodes de caractérisation des problèmes de contrôle stochastique par l'équation de Hamilton-Jacobi-Bellman au cadre des problèmes où la dépendance de chemin apparaît de manière essentielle. Cela a conduit à de nombreux travaux sur les équations différentielles stochastiques du second ordre et les solutions de viscosité.

Ce travail s'est avéré crucial pour une nouvelle méthode de résolution simple du problème Principal-Agent en temps continu : Ces modèles sont largement utilisés en théorie des contrats dans la littérature économique. Il s'agit d'un jeu différentiel stochastique à somme non nulle mettant en évidence le phénomène d'aléa moral dans la relation contractuelle. Plusieurs applications ont été développées ou sont en cours de développement (conception optimale des contrats énergétiques, contrats d'assurance précarité énergétique, analyse du mécanisme de rémunération des capacités…)

<u>Autres méthodes :</u>
Le socle des méthodes quantitatives comprend également la modélisation des processus stochastiques, les modèles d'équilibre, la théorie des graphes mais aussi la modélisation statistique et les méthodologies d'approximation numérique, notamment par les puissantes méthodes d'apprentissage actuellement disponibles (réseaux de neurones)

EQUIPE DE RECHERCHE

Chercheurs

- Yves Achdou, Professor, Université Paris-Diderot (2015-)
- René Aïd, Professor, Université Paris-Dauphine & CREST (2006-)
- Charles Bertucci, Researcher at CNRS, CMAP, Ecole Polytechnique (2019-)

- Pierre-Noël Giraud, Professor, Mines ParisTech (2006-)
- Jean-Michel Lasry, Emeritus Professor, Université Paris-Dauphine (2006-)
- Pierre-Louis Lions, Professor, Collège de France (2006-)
- Delphine Lautier, Professor, Université Paris-Dauphine, DRM Finance (2008-)
- Denis Talay, Senior researcher (DR), INRIA (2006-)
- Nizar Touzi, Professor, Ecole Polytechnique, CMAP (2006-)

Chercheurs associés

- Pierre Cardaliaguet, Professor, Université Paris-Dauphine. René Carmona, Professor, Princeton University.
- Olivier Guéant, Professor, Université Paris I – Panthéon Sorbonne Roger Guesnerie, Professor, Collège de France
- Benjamin Moll, Professor, London School of Economics Jose Scheinkman, Professor, Columbia University

Doctorants

- Bowen Sheng, PhD student, Ecole Polytechnique, dir. Nizar Touzi
- Mehdi Talbi, PhD student, CMAP, dir. N. Touzi
- Leila Bassou, PhD student, CMAP, dir. N. Touzi
- Mohamed Bahlali, PhD student, Université Paris Dauphine / ANR Ecorees), dir. R. Aid et A. Creti
- Songbo Wang, PhD student, Ecole Polytechnique, dir. N. Touzi et Z. Ren
- Assil Fadle, PhD student, Ecole Polytechnique, dir. N. Touzi et R. Aïd
- Renzhi Liu, PhD student, Université Paris Dauphine dir. René Aïd & Sylvain Benoit.
- Nathan Sauldubois, PhD student, Ecole Polytechnique, dir. Nizar Touzi.

PUBLICATIONS DE L'ANNEE

- Aïd, R., Possamaï, D., & Touzi, N. (2022). Optimal electricity demand response contracting with responsiveness incentives. Mathematics of Operations Research, 47(3), 2112-2137.

- Achdou, Y., Han, J., Lasry, J. M., Lions, P. L., & Moll, B. (2022). Income and wealth distribution in macroeconomics: A continuous-time approach. The review of economic studies, 89(1), 45-86.

- Achdou, Y., Bertucci, C., Lasry, J. M., Lions, P. L., Rostand, A., & Scheinkman, J. A. (2022). A class of short-term models for the oil industry that accounts for speculative oil storage. Finance and Stochastics, 26(3), 631-669.

RESTITUTIONS DES TRAVAUX LORS DE MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES

Séminaire de recherche de la chaire "Finance and sustainable development" et de l'Initiative de recherche FiME

Il se tient toutes les deux semaines à l'Institut Henri Poincaré à Paris.