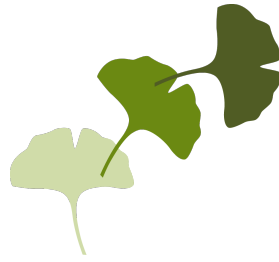


[mis à jour Mars 2017]



## **La Chaire Finance et Développement Durable Bilan et perspectives**

La Chaire Finance et Développement Durable – Approches Quantitatives, qui bénéficie du mécénat de Crédit Agricole CIB et EDF, a été créée en 2006 sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance. Elle a pour partenaires académiques l'Université Paris-Dauphine et l'Ecole Polytechnique. En 2017, Après dix années d'un développement exemplaire, de par la qualité des échanges scientifiques et des travaux réalisés, les différents partenaires ont décidé de prolonger ce projet pour cinq années supplémentaires.

Les pages qui suivent contiennent une présentation de la chaire et de son programme scientifique pour la période 2017-2021.

- I. INTRODUCTION
- II. 3 THEMATIQUES
- III. EQUIPE 2017



## I. Introduction

### **Une gouvernance innovante**

Première chaire de recherche créée au sein de la fondation Institut Europlace de Finance, la Chaire Finance et Développement Durable avait inauguré un mode de gouvernance reposant sur trois instances :

1. Un Comité d'Orientation, présidé par Didier Valet, rassemblant les mécènes et les parties prenantes académiques et validant le budget et les orientations scientifiques,
2. Un Conseil Scientifique, présidé par Pierre-Louis Lions, qui vérifie la qualité des travaux produits chaque année et valide les propositions nouvelles arrivant en cours de projet. Le Conseil Scientifique est composé de personnalités scientifiques d'un niveau exceptionnel, il comprend deux professeurs du Collège de France : Pierre-Louis Lions et Roger Guesnerie ; un professeur de l'Université de Princeton: René Carmona ; un professeur de l'Université de Columbia: José Scheinkman ; deux professeurs de l'Ecole Polytechnique: Nizar Touzi et Emmanuel Gobet; deux professeurs de l'Université Paris Dauphine : Delphine Lautier et René Aïd. Il comprend également Pierre-Noël Giraud, Professeur à l'ENSMP, Ivar Ekeland, Professeur émérite à l'Université Paris-Dauphine et Jean-Charles Rochet, Professeur à l'Université de Zurich.
3. Un Comité de Pilotage, présidé par Jean-Michel Lasry, qui gère au quotidien les activités de recherche (choix des missions, organisations des événements, choix des financements des sujets précis...)

### **De la recherche fondamentale à la recherche appliquée : de découvertes au retentissement mondial au développement des *Initiatives de recherche***

Les premiers travaux réalisés dans le cadre de la Chaire avaient pour caractéristiques, premièrement, de relever de la recherche fondamentale et, deuxièmement, d'avoir été réalisés par des chercheurs seniors qui ont donné une impulsion décisive à ce projet scientifique. Après que les premières percées eurent été réalisées, les recherches plus appliquées ont vu le jour. Deux champs de recherche illustrent parfaitement cette évolution : les recherches sur les jeux à champ moyen et les recherches sur les taux écologiques.

Les *jeux à champ moyen* sont une nouvelle approche de modélisation en sciences sociales, développée par Pierre-Louis Lions et Jean-Michel Lasry, inspirée des outils de la mécanique statistique et de la physique quantique. Cette approche est particulièrement efficace pour appréhender les phénomènes d'externalités dans des contextes qui font intervenir un grand nombre d'agents. Alors que les premiers travaux ont consisté en l'étude de la structure et des propriétés mathématiques de cette nouvelle gamme de modèles, un certain nombre d'applications à l'économie ont



vu le jour depuis. Les *taux d'intérêt écologiques* sont une nouvelle manière d'aborder la question centrale du taux d'actualisation utilisé pour des projets à long terme engageant une dimension de développement durable. Les premières avancées théoriques réalisées par Roger Guesnerie et Ivar Ekeland se situaient à un niveau très fondamental et général. Ces réflexions nourrissent aujourd'hui des travaux plus appliqués comme la gestion du risque climatique pour une banque de financement et d'investissement.

En 2008, les responsables de la chaire ont développé un mode de contractualisation souple pour la réalisation de programmes de recherche fléchées : les **Initiatives de Recherche**. Ces dernières permettent à un partenaire industriel de faire réaliser un programme de recherche sur une durée plus courte que dans le cas d'une chaire et sur un thème plus précis. Ainsi, les sponsors financent aujourd'hui des *Initiatives de Recherche* sur des thématiques fléchées :

- EDF sur le thème de la finance des marchés de l'énergie (IdR FiME);
- Pacifica et Airbus Defence & Space, sur le thème « Risque et assurance de l'agriculture » ;
- SAIPOL sur la modélisation des marchés des oléagineux (IdR MiMO)

Deux facteurs furent déterminants pour le développement des Initiatives de recherche. Tout d'abord, elles ont pu s'appuyer sur le conseil scientifique de la chaire Finance et Développement Durable qui examine et contrôle les travaux des Initiatives de recherche. Précisons que les Initiatives de recherche possèdent un comité d'orientation et un comité de pilotage qui leur sont propres. Les Initiatives de recherche ont également bénéficié des percées réalisées au sein de la Chaire dans le champ de la recherche fondamentale.

## II. LES 3 THEMATIQUES DE LA CHAIRE

Les recherches conduites à partir de 2017 s'articulent autour de trois thèmes :

- Jeux à champ moyen
- Choix économique en interaction et développement durable, risque long terme
- Finance des marchés des commodités

### 1. Les jeux à champ moyen

La création de la Chaire FDD en 2006 a joué un rôle important dans l'émergence de la théorie des jeux à champ moyen (MFG). Cette théorie a en effet été originellement développée pour fournir des méthodes mathématiques adaptées à la modélisation des externalités en économie, problématique centrale pour les questions de développement durable.

La Chaire a ensuite soutenu le développement de recherches théoriques et appliquées des MFG à différentes questions rentrant dans les axes de recherche de la Chaire. Au fil des années la théorie MFG a connu un développement important, tant du point de vue théorique que du point de vue des applications. Il y a désormais une communauté scientifique internationale de chercheurs sur les MFG. Plusieurs congrès internationaux sur les MFG sont organisés chaque année.



Depuis 2010, Jean-Michel Lasry et Pierre-Louis Lions mettent particulièrement l'accent sur les travaux théoriques et appliqués concernant des modèles incluant du risque systémique. La formulation et la résolution des équations fondamentales des modèles MFG pour les collectivités soumises à des aléas globaux (c'est-à-dire des aléas communs à tous les agents) a été achevée, ouvrant la voie à de nouvelles applications à des sujets de développement durable, comme par exemple la modélisation du prix optimal des permis à polluer.

De façon générale, les progrès réalisés sur le plan de la conception mathématique des jeux à champ moyen permettent aujourd'hui le développement d'applications variées. Ainsi seront poursuivis les travaux sur les matières premières et l'économie des ressources épuisables (en collaboration avec Olivier Guéant et Pierre-Noël Giraud) : il s'agit notamment d'étudier les interactions prix/capacités dans l'industrie pétrolière et, plus généralement, de modéliser les fluctuations des prix des matières premières. D'autres travaux en cours, conduits par Jean-Michel Lasry et Pierre-Louis Lions portent sur une nouvelle modélisation de la liquidité, en microstructure des marchés financiers. En 2013, des travaux avec Benjamin Moll (Princeton) ont permis d'avancer sur des modèles macro économiques avec agents hétérogènes et chocs systémiques (avec notamment la possibilité de modéliser les chocs dus à des effets d'annonce).

Ce thème inclut également des applications des modèles MFG à des sujets de développement durable et d'énergie. Imen Ben Tahar et René Aïd développent une modélisation MFG des phénomènes de transition technologique. Imen Ben Tahar et Clémence Alasseur utilisent une approche de type MFG pour étudier les questions de « génération distribuée d'énergie » (idée d'un réseau « à double sens » où des formes de générations locales, souvent intermittentes sont en interaction avec des sources centralisées classiques) s'intéressent en particulier à l'impact de ces nouvelles formes sur le réseau de distribution et sur les structures de tarification.

Cet axe inclut enfin les travaux de Pierre-Noël Giraud et Jean-Michel Lasry sur : (1) la modélisation MFG de la courbe d'offre d'une commodité minérale où la structure de marché est un oligopole de Stackelberg ; (2) et sur le développement du modèle de simulation de la recherche pétrolière en situation d'oligopole.

## **2. Choix économique en interaction et développement durable, risque long terme**

Les recherches sur ce thème avaient été initiées par les travaux d'Ivar Ekeland sur le risque de long terme et de Roger Guesnerie sur les taux écologiques. Dans le cadre de la Chaire, Roger Guesnerie, Olivier Guéant et Jean-Michel Lasry ont cherché à développer un cadre plus général pour les taux écologiques et la microfondation du principe de précaution.

L'évaluation des risques climatiques dans les portefeuilles d'une BFI est une préoccupation des acteurs et des régulateurs car elle correspond à des enjeux croissants sur le plan économique et celui et celui de l'environnement. La Chaire FDD, en liaison étroite avec CA-CIB, a fait de ce thème de recherche un axe important. Les travaux menés sous la direction de Pierre Noél Giraud, en particulier la thèse d'Antoine Rose, ont permis des avancées conceptuelles et opérationnelles.



On envisage le lancement d'une nouvelle thèse dirigée par Pierre Noel Giraud en liaison étroite avec CA-CIB, sur l'évaluation du risque carbone dans les portefeuilles d'une BFI (dans le prolongement de la thèse d'Antoine Rose). Un colloque (ou même un semestre thématique) sur ces sujets de recherche pourrait être envisagé à l'issue de cette thèse.

Précisons que les risques climatiques recouvrent, pour les acteurs financiers, d'une part des risques liés aux mesures d'atténuation du changement climatique dits « risques carbone » (par exemple moindre performance ou défaillance des clients ou investissements liés à l'introduction d'un prix du carbone) et d'autre part, des risques liés à l'adaptation au changement climatique dits « risques climat » (autrement dit la prise en compte des coûts résultant des conséquences physiques du réchauffement climatique).

Investissement et taux d'intérêts nuls

S'inscrivent également dans cet axe les travaux récents d'Ivar Ekeland sur les problèmes macroéconomiques liés au réchauffement climatique, qui s'appuient tant sur la théorie classique de la croissance endogène que sur les modèles phénoménologiques de type keynésien (Goodwin, Keen, Giraud), en liaison avec des économistes du développement. Ivar Ekeland est amené à considérer que les taux d'intérêt, tant réels que monétaires, vont être faibles durablement, ce qui invite à reconsidérer la théorie des investissements pour prendre en considération une situation où les taux sont nuls ou négatifs.

EDP dépendant de la trajectoire, jeux différentiels stochastiques et théorie des contrats

Une partie des recherches de Nizar Touzi est dédiée aux équations aux dérivées partielles dépendant du chemin. L'objectif premier de ces travaux est d'étendre les méthodes de caractérisation des problèmes de contrôle stochastique par l'équation de Hamilton-Jacobi-Bellman au cadre des problèmes dont la dépendance trajectorielle apparaît de manière essentielle. Ceci a conduit à de nombreux travaux sur les équations différentielles stochastiques du second ordre et sur les solutions de viscosités. Ces travaux se sont récemment révélés cruciaux pour une nouvelle méthode de résolution simple du problème de Principal-Agent en temps continu. Ces modèles sont très 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 de hasard moral dans la relation de contractualisation. Plusieurs applications sont en cours d'élaboration avec René Aïd, Dylan Possamai et Zhenjie Ren.

### **3. Finance des marchés des commodités**

Les recherches sur ce thème seront poursuivies dans des directions variées.



Analyse des comportements individuels d'acteurs et modèles d'équilibre  
Deux types de travaux ont été développés sur ce thème.

#### (1) ETF et matières premières

Delphine Lautier et Bertrand Villeneuve ont récemment commencé à étudier, en collaboration avec Rémy Lambinet, un modèle d'équilibre des marchés, pour comprendre l'impact des nouveaux produits d'investissement que sont les Exchange Traded Funds dans les marchés de matières premières.

#### (2) Formation des prix des matières premières

Ce programme de recherche avait été initié par Ivar Ekeland, Delphine Lautier et Bertrand Villeneuve qui ont construit un modèle d'équilibre conçu comme une unité de réflexion élémentaire autour de l'analyse du fonctionnement des marchés dérivés de matières premières. Ce modèle prenait en compte, dans un monde minimal et dans un cadre à deux périodes, tous les ingrédients essentiels au fonctionnement d'un marché. Se sont ensuite ajoutés, dans le cadre de leur thèse, les travaux de Mohammad Isleimeyyeh, d'Edouard Jaeck et d'Etienne Borocco.

Le modèle, tel qu'il est actuellement construit, permet de comprendre le fonctionnement d'un marché dérivé en mettant l'accent sur les fonctions fondamentales que sont la couverture, l'arbitrage et la spéculation. Les prolongements visent essentiellement à comprendre comment les marchés dérivés peuvent en venir à générer des risques supplémentaires au lieu de garantir, tout simplement, la couverture des risques existants. A quel stade et à travers quels mécanismes la spéculation cesse-elle d'être bénéfique ?

Pour atteindre cet objectif, quatre voies de recherche sont développées:

- i) accroître le réalisme du modèle en prenant en considération la présence de coûts de transaction plus importants sur le marché physique que sur le marché papier (travail réalisé en collaboration avec Edouard Jaeck dans le cadre de sa thèse) ;
- ii) enrichir l'analyse des équilibres de marché, en intégrant, entre autres, l'hétérogénéité de l'information détenue par les acteurs (document de travail réalisé par Etienne Borocco, dans le cadre de sa thèse) ;
- iii) étudier le cas d'un modèle stationnaire (document de travail, en collaboration avec Edouard Jaeck, dans le cadre de sa thèse);
- iv) étendre le modèle dans sa dimension spatiale en intégrant de nouveaux liens entre marchés (deux documents de travail en cours de rédaction, en collaboration avec Mohammad Isleimeyyeh, dans le cadre de sa thèse ; la première extension consiste à introduire un marché actions dans l'analyse ; la seconde extension consiste à étudier l'existence conjointe de deux marchés de matières premières) ;

#### Analyse de la spéculation en grande dimension

Cet axe de recherche inclut les travaux initiés par Delphine Lautier et Franck Raynaud, aujourd'hui chercheur à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, entamé dans le cadre du post-doc de ce dernier. Se sont ensuite ajoutées les recherches menées avec Michel Robe (Professeur, American University, Washington) et avec Julien Ling dans le cadre de sa thèse. Cette partie des recherches vise à comprendre dans toute son ampleur le phénomène du risque systémique au sein des marchés dérivés. L'augmentation de ce risque est l'une des



conséquences de la financiarisation. En créant de nouveaux liens entre les marchés, ou en intensifiant ceux qui existent, la financiarisation crée un monde où la propagation des chocs de prix peut être plus facile et plus forte.

L'originalité de l'approche réside dans le fait qu'elle propose une analyse du risque systémique en trois dimensions : l'espace, le temps et la maturité des transactions. Le grand nombre de données à traiter nous a conduit à recourir aux outils proposés par la théorie des graphes. L'essentiel du travail fait jusqu'à ce jour dans le domaine du risque systémique est de nature empirique. Pour résumer, nous avons constitué une base de données de grande dimension, qui est régulièrement mise à jour et identifié une méthodologie pertinente pour appréhender empiriquement le risque systémique. Le recours à la théorie des graphes nous a conduits à mettre en évidence des chemins de propagation de chocs de prix, puis à orienter ces chemins. Pour le futur, notre objectif est l'élaboration d'un modèle représentatif des liens associant les marchés dérivés, qui mettrait en exergue les mécanismes responsables de l'intégration des marchés et leurs implications dans les mouvements de prix.

### III. CHERCHEURS ET INTERVENANTS 2017

	Affiliation	Projet de recherche
Yves Achdou	Professeur à L'université Paris-Diderot	Chaire FDD
René Aïd	Professeur à l'Université Paris Dauphine, Membre du Comité de Pilotage de la Chaire	IdR FiME
Clémence Alasseur	Ingénieur chercheur EDF R&D, Membre du Comité de Pilotage de la Chaire, Directrice de l'IdR Finance des marchés de l'énergie	IdR FiME
Bruno Bouchard	Professeur à l'Université Paris Dauphine	IdR Risque et Assurance de l'Agriculture
Imen Ben Tahar	Maitre de conférences, Université Paris-Dauphine	Chaire FDD / IdR FiME
Frédéric Bonnans	Directeur de recherches, INRIA	IdR FiME
Pierre Cardaliaguet	Professeur à l'Université Paris Dauphine	Chaire FDD / IdR FiME
René Carmona	Professeur à l'Université de Princeton	Chaire FDD / IdR FiME
Corinne Chaton	Ingénieur chercheur EDF R&D	IdR FiME
Ivar Ekeland	Professeur émérité à l'Université Paris Dauphine	Chaire FDD / IdR FiME
Romuald Elie	Professeur à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée	IdR FiME
Olivier Féron	Ingénieur chercheur EDF R&D	IdR FiME
Damien Fessler	Docteur en sciences économiques, secrétaire général de la chaire FDD	Chaire FDD / IdR FiME
Didier Folus	Professeur à l'Université de Paris	IdR Risque et Assurance de



	Ouest Nanterre	l'Agriculture
Pierre-Noël Giraud	professeur à l'ENSMP	Chaire FDD
Emmanuel Gobet	Membre du comité de pilotage, du conseil scientifique, Professeur à l'Ecole Polytechnique	IdR FiME
Olivier Guéant	Professeur à l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne	Chaire FDD
Roger Guesnerie	Membre du conseil scientifique, Professeur émérite au Collège de France	Chaire FDD
Marc Hoffman	Professeur à l'Université Paris Dauphine	IdR FiME
Jean-Michel Lasry	Président du Comité de Pilotage de la Chaire, Professeur associé à l'Université Paris-Dauphine	Chaire FDD / IdR FiME
Delphine Lautier	Membre du Comité de pilotage et du Conseil scientifique, Professeur à l'Université Paris-Dauphine	Chaire FDD / IdR FiME
Jérôme Lelong	Maitre de conférence à l'ENSIMAG	IdR FiME
Pierre-Louis Lions	Président du Conseil Scientifique de la Chaire, Professeur au Collège de France	Chaire FDD
Benjamin Moll	Associate Professor, Princeton University	Chaire FDD
Nadia Oudjane	Ingénieur chercheur EDF R&D	IdR FiME
Huyên Pham	Professeur à l'Université Paris-Diderot	IdR FiME
Dylan Possamaï	Maitre de conférences, Université Paris-Dauphine	IdR FiME
José Scheinkman	Professeur à l'Université de Columbia	Chaire FDD
Denis Talay	Directeur de recherches INRIA	Chaire FDD
Nizar Touzi	Membre du Comité de Pilotage, Vice-président du Conseil Scientifique de la Chaire, Professeur à l'Ecole Polytechnique	Chaire FDD / IdR FiME
Bertrand Villeneuve	Professeur à l'Université Paris Dauphine	IdR FiME
Xavier WARIN	Ingénieur chercheur EDF R&D	IdR FiME

