



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



## Optimisation, apprentissage, analyse et mécanique non régulières

Travaux récents dans le sillage de Jean Jacques Moreau

Mardi 15 juin 2021 de 14h30 à 17h00  
Conférence-débat en ligne

<https://www.youtube.com/watch?v=MIVz-Im6GAI>

L'optimisation est au cœur de problèmes très actuels et très divers de la science, apprentissage automatique, contrôle optimal, inversion de données, imagerie... Sans compter les nombreuses situations où la physique est régie par des principes variationnels extrémaux et où l'optimisation intervient alors naturellement.

Cette branche des mathématiques et les techniques numériques qui l'accompagnent doivent beaucoup aux travaux fondateurs de Jean Jacques Moreau, mécanicien et mathématicien visionnaire, auteur de travaux pionniers dans de vastes domaines allant de l'analyse convexe à la dynamique non régulière. On lui doit notamment l'introduction de l'hélicité (un invariant des équations d'Euler), des contributions fondamentales en analyse convexe en dimension infinie (fonctions proximales, dualité...), l'introduction du processus de rafle par un convexe mobile et des résultats profonds sur la formulation et la résolution de la dynamique des systèmes avec impacts et frottement.

Jean Jacques Moreau est décédé en 2014 et la Société mathématique de France (SMF) et la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) ont souhaité honorer sa mémoire en créant un prix placé sous le parrainage de l'Académie des sciences. A l'occasion de la première attribution de ce prix en 2019 à Francis Bach, il était prévu en 2020 une journée illustrant les développements récents dans quatre domaines auxquels les travaux de Jean Jacques Moreau ont donné une impulsion décisive. En raison de la crise sanitaire, cette journée a été reportée en 2021 et prendra la forme d'une après-midi à l'Académie des sciences.



# Les organisateurs de la conférence-débat



## Haïm BRÉZIS

Professeur émérite à l'université Paris-Sorbonne, membre de l'Académie des sciences

Haïm Brézis est spécialiste d'analyse non linéaire et équations aux dérivées partielles. Il est professeur émérite à l'université Paris-Sorbonne où il fut, à partir de 1970, l'un des pères fondateurs du laboratoire J.L. Lions. Il est actuellement *Visiting Distinguished Professor* à l'université de Rutgers (USA) et au Technion (Israël). Il est associé étranger de la *National Academy of Sciences* (USA), de l'*American Academy of Arts and Sciences* et de nombreuses académies européennes.



## Jean-Michel CORON

Professeur émérite à Sorbonne université, membre de l'Académie des sciences

Jean-Michel Coron a travaillé jusqu'au début des années 90 dans le domaine de l'analyse non linéaire, en particulier sur la recherche de points critiques à des fonctionnelles apparaissant en physique ou en géométrie. Depuis, il travaille sur le contrôle de systèmes modélisés par des équations différentielles ordinaires ou des équations aux dérivées partielles, apparaissant notamment en mécanique des fluides. Il s'intéresse à la contrôlabilité et à la stabilisation de ces équations, souvent dans des cas où les non linéarités jouent un rôle crucial, positif ou négatif.



## Pierre SUQUET

Directeur de recherche émérite au CNRS, membre de l'Académie des sciences

Pierre Suquet est mécanicien théoricien, directeur de recherche CNRS. Il s'intéresse à la formulation du comportement non linéaire des matériaux solides, notamment plasticité, endommagement et rupture, par des approches multi-échelles. Au début des années 80, ses travaux en plasticité le rapprochent de Jean Jacques Moreau qu'il rejoint en 1983 au département de mathématiques de l'université de Montpellier. Il prend la direction du laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille en 1993 où il est actuellement chercheur émérite.

Il est associé étranger de la *National Academy of Engineering* (USA).

# Programme

- 14:30**      **Ouverture de la séance**  
**Patrick FLANDRIN**, président de l'Académie des sciences  
**Étienne GHYS**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
- 14:35**      **Introduction**  
**Haim BRÉZIS**, professeur émérite à l'université Paris-Sorbonne, membre de l'Académie des sciences  
**Pierre SUQUET**, directeur de recherche émérite au CNRS, membre de l'Académie des sciences
- 14:45**      **L'optimisation au cœur de l'apprentissage automatique**  
**Francis BACH**, directeur de recherche, Inria, membre de l'Académie des sciences, *Lauréat du Prix Jean Jacques Moreau 2019*
- 15:10**      Discussion
- 15:15**      ***Upper and lower bounds for some shape functionals***  
**Giuseppe BUTTAZZO**, professeur, université de Pise
- 15:40**      Discussion
- 15:45**      **Processus de rafle, transport optimal et mouvements de foules**  
**Bertrand MAURY**, professeur, université Paris-Saclay
- 16:10**      Discussion
- 16:15**      **Jean Jacques Moreau, un fondateur de la dynamique non-lisse en Mécanique.**  
**Vincent ACARY**, directeur de recherche, Inria Grenoble
- 16:40**      Discussion
- 16:45**      **Discussion générale et conclusion**

# Résumés et biographies



## Francis BACH

Directeur de recherche, Inria, membre de l'Académie des sciences

Lauréat du Prix Jean Jacques Moreau 2019

Francis Bach est chercheur à l'Inria, et dirige depuis 2011 l'équipe d'apprentissage statistique (*machine learning*) du département d'informatique de l'École normale supérieure (ENS) commune entre le CNRS, l'ENS et l'Inria. Diplômé de l'École polytechnique (1997), docteur en informatique de l'université de Berkeley (2005), il a rejoint l'équipe de vision artificielle CNRS/ENS/Inria de 2007 à 2010 après deux ans au centre de morphologie mathématique de l'École nationale supérieure des mines de Paris.

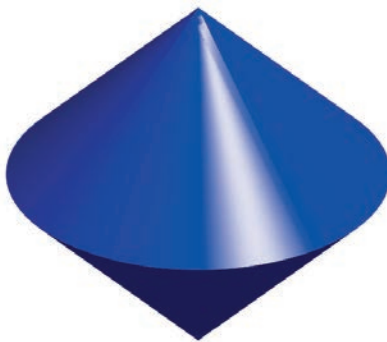
Il est professeur attaché à l'ENS depuis 2016.

Francis Bach s'intéresse principalement aux aspects algorithmiques et théoriques du "*machine learning*", et plus précisément aux méthodes parcimonieuses, aux méthodes à base de noyaux, à l'optimisation à grande échelle, la vision artificielle et le traitement du signal.

Lauréat d'une "*Starting Grant*" de l'*European Research Council* en 2009, et d'une "*Consolidator Grant*" en 2016, il a reçu de nombreux prix, dont le prix Inria du jeune chercheur en 2012, le prix Lagrange en optimisation continue en 2018, et le Prix Jean Jacques Moreau en 2019. Il a été élu à l'Académie des sciences en 2020.

## L'optimisation au cœur de l'apprentissage automatique

La plupart des méthodes d'apprentissage automatique ("*machine learning*") sont formulées comme des problèmes d'optimisation. Ceci a donné lieu à de nombreux échanges entre ces deux domaines, avec une spécialisation croissante aux contraintes de l'apprentissage. Dans cet exposé, j'illustrerai ces échanges sur l'optimisation non-lisse pour la parcimonie et les méthodes de gradients stochastiques.



**Giuseppe BUTTAZZO**  
 Professeur, université de Pise



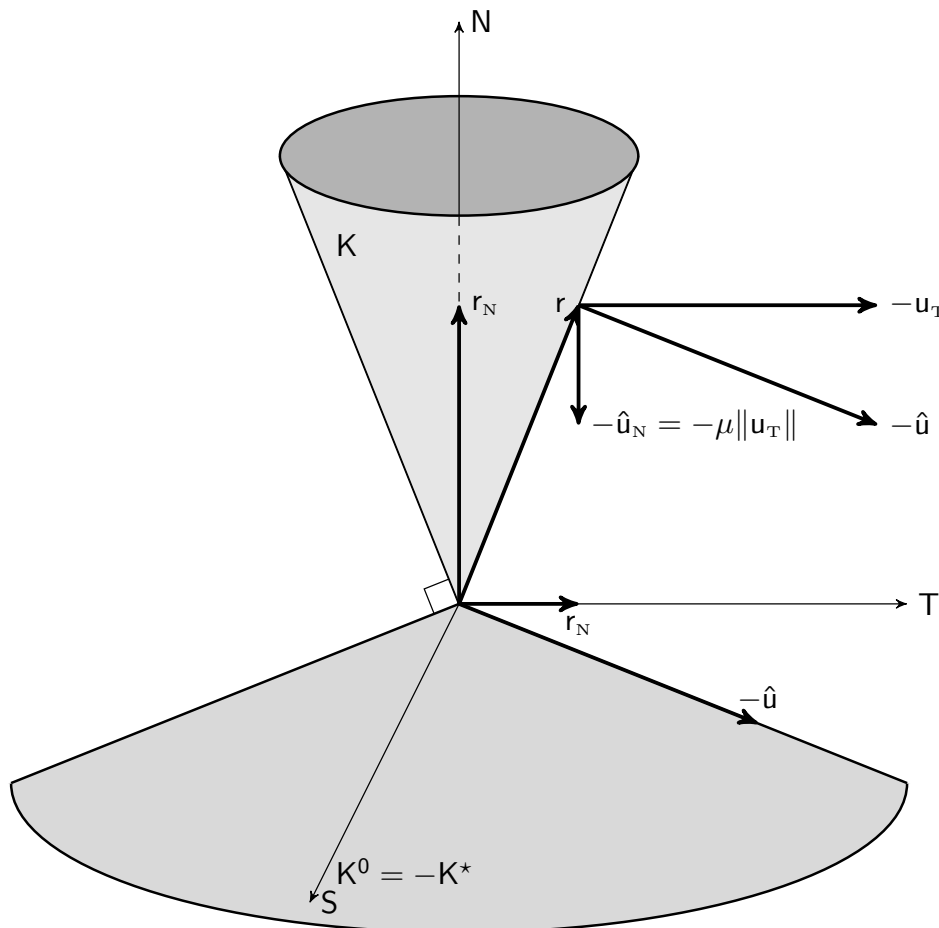
Giuseppe Buttazzo est un ancien élève de l'École normale supérieure de Pise (Italie), où il prépare sa thèse sous la direction d'E. De Giorgi. Après avoir enseigné à l'université de Ferrara, il est professeur d'analyse mathématique à l'université de Pise depuis 1990.

Il est éditeur en chef du *Journal of Convex Analysis* et membre du comité éditorial (entre autres) d'*ESAIM : Control, Optimisation and Calculus of Variations* (COCV), *Journal of Optimization Theory and Applications*, *Set-Valued and Variational Analysis: Theory and Applications*, *Applied Mathematics and Optimization*.

Les travaux de G. Buttazzo concernent le calcul des variations, l'optimisation de forme, le contrôle optimal, les problèmes de perturbations singulières et la convergence et la relaxation des fonctionnelles intervenant en calcul des variations.

**Upper and lower bounds for some shape functionals**

The relations between two quantities related to the Laplace operator are considered. In particular, taking as a model the heat diffusion, governed by the heat equation, we aim to study the relations between the average temperature of a heated body and the temperature decay rate of the body in absence of heat sources. The quantities above are expressed by the so-called "torsional rigidity" and by the principal eigenvalue of the Laplace operator. The relations above are studied in the classes of general domains, convex domains, and domains with a small thickness. This allows to obtain a detailed description of the Blasche-Santaló diagram of the two quantities. Several open questions are discussed, in particular when the Laplacian is replaced by the p-Laplacian.







## Bertrand MAURY

Professeur, université Paris-Saclay

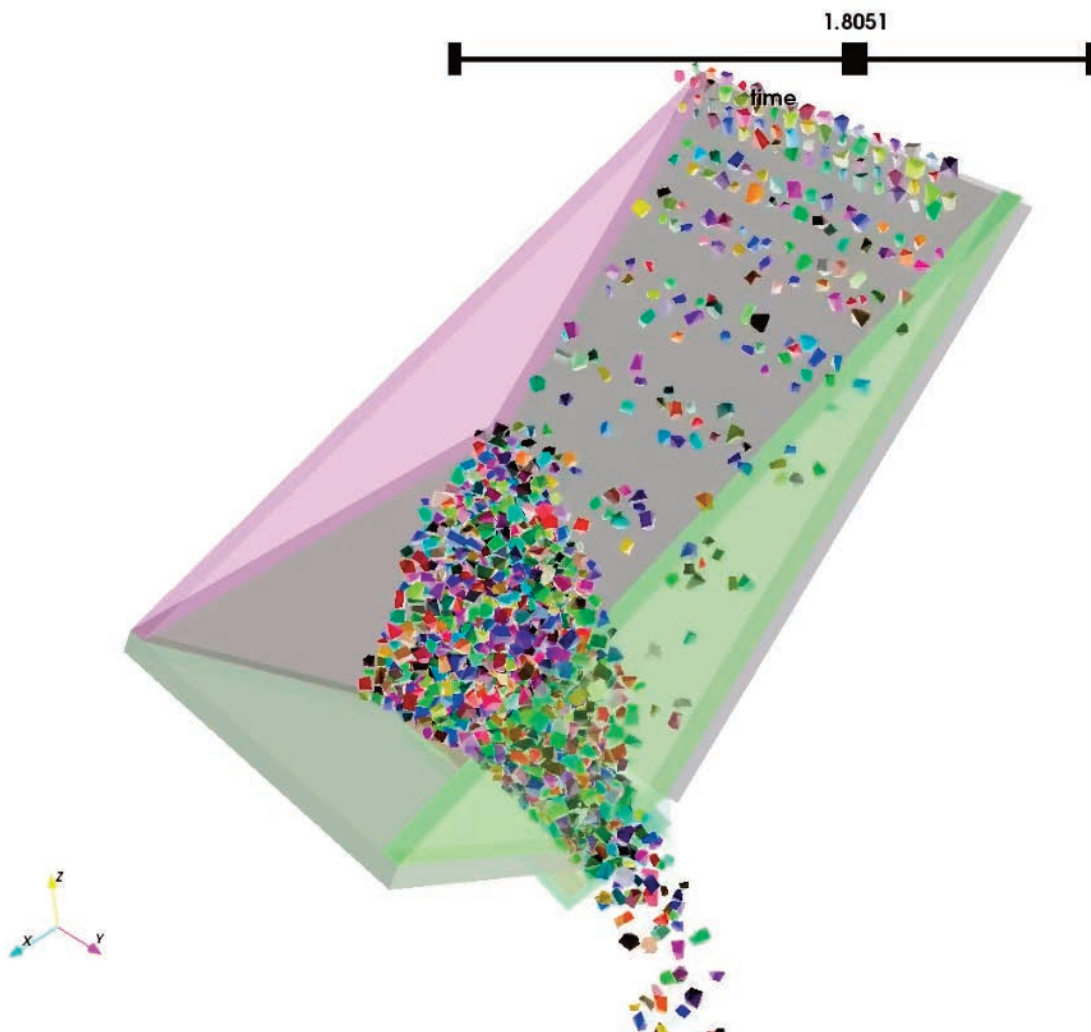
Bertrand Maury est professeur au laboratoire de mathématiques d'Orsay, université Paris-Saclay, depuis 2002, en demi détachement depuis 2016 au DMA, ENS-PSL. Il est membre du bureau de l'Agence pour les mathématiques en interaction avec l'entreprise et la société (AMIES).

Ses activités, au départ centrées sur le calcul scientifique et l'analyse numérique en lien avec la mécanique des fluides et les écoulements granulaires, se sont tournées depuis une dizaine d'années vers les sciences du vivant : modélisation d'écoulements sanguins, modélisation du poumon humain, mouvements collectifs de cellules, mouvements de foules, réseaux sociaux. Cette dynamique l'a conduit vers le transport optimal et l'analyse convexe, qui interviennent maintenant dans l'essentiel de ses travaux. Il mène également une activité industrielle autour de la gestion de flux de piétons et le traitement de données provenant de capteurs connectés.

### Processus de rafle, transport optimal et mouvements de foules

Dans une courte note aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* de 1973, Jean Jacques Moreau introduisait le processus de rafle (*sweeping process*) d'un point d'un espace de Hilbert par un convexe mobile. Ce travail fondateur a suscité un nombre considérable de travaux académiques depuis lors, qui généralisent l'approche à toutes sortes de situations. Nous nous proposons de décrire quelques applications inattendues de ce cadre général à la modélisation de mouvements de foules, qui nous ont récemment amenés à étendre ce processus de rafle à l'espace des mesures muni de la distance de Wasserstein issue du transport optimal.

mu 0.32



## Vincent ACARY

Directeur de recherche, Inria Grenoble

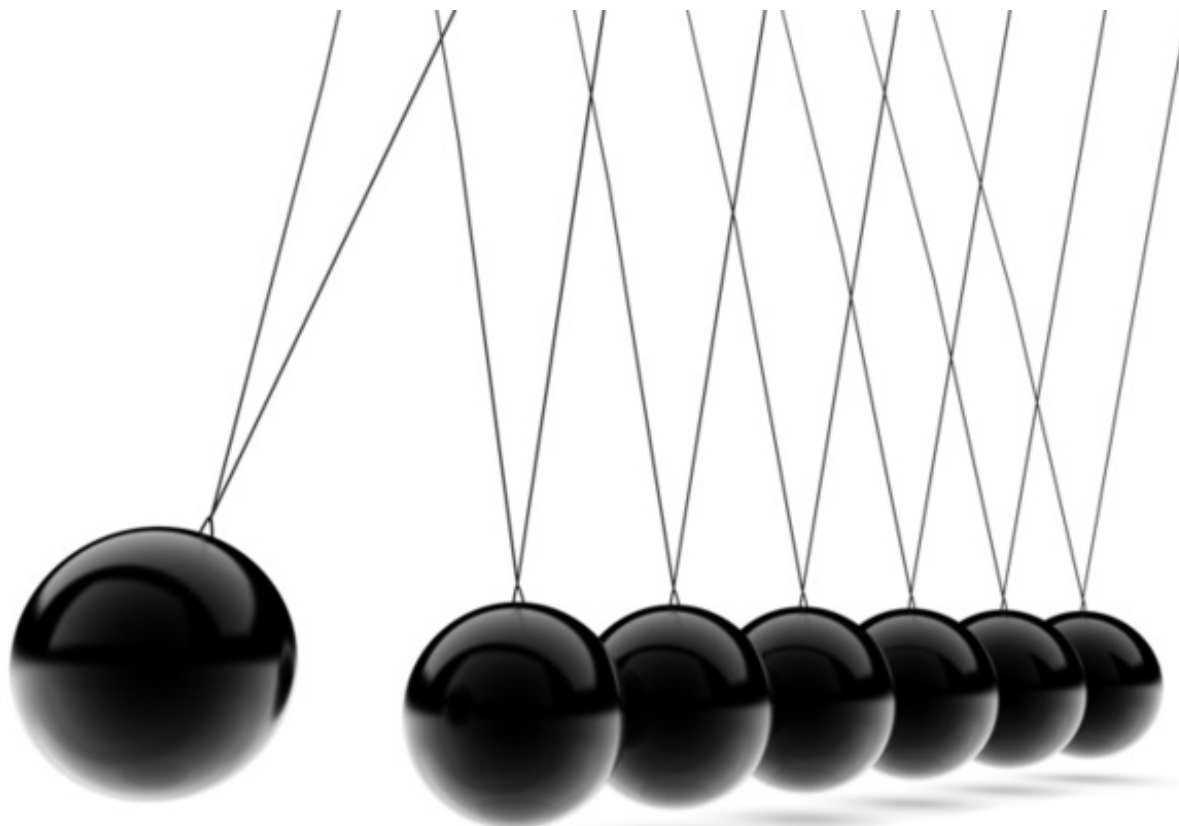
Vincent Acary est directeur de recherche à l'Inria, centre de Grenoble - Rhône-Alpes et responsable de l'équipe projet TRIPOP commune avec le laboratoire Jean Kuntzman (CNRS, INPG, UGA).

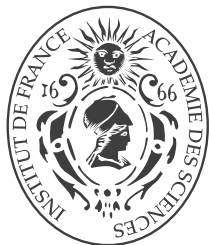
Ses activités de recherches concernent la modélisation, la simulation et la commande dans le cadre de la dynamique non-lisse, avec pour principales applications la mécanique unilatérale, l'électronique et la commande par modes glissants. Il est à l'origine du code open-source SICONOS dédié à la dynamique non-lisse des systèmes.



## Jean Jacques Moreau, un fondateur de la dynamique non-lisse en Mécanique.

Dans cet exposé, nous rappellerons les contributions fondamentales de Jean Jacques Moreau qui font de lui un fondateur de la dynamique non-lisse. Après un rappel de ses principales contributions à la mécanique unilatérale et non régulière, et des travaux qu'il a inspirés, nous détaillerons quelques résultats concernant la dynamique non lisse des systèmes mécaniques de dimension finie soumis à des contraintes unilatérales, du frottement de Coulomb et des impacts. En particulier, on montrera comment la formulation du processus de balayage du second ordre de Moreau, en termes de mesures différentielles, permet de concevoir des méthodes numériques d'intégration en temps robustes et efficaces et qui jouissent de propriétés de conservation. Les résultats récents dans ce domaine seront évoqués et illustrés sur des applications académiques et industrielles.





INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

Séance en ligne ouverte au public. Inscriptions sur :  
[www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)  
(rubrique «prochains évènements»)

