



© Royal Society

Martin HAIRER
né en 1975,
de nationalité autrichienne

www.hairer.org

M. Hairer suit des études de physique (avec comme discipline secondaire les mathématiques) à l'Université de Genève, qui s'achèvent en 2001 par la soutenance d'un doctorat en physique sous la direction de Jean-Pierre Eckmann avec le titre *Comportement asymptotique d'équations à dérivées partielles stochastiques*. Après deux années post-doctorales financées par le FNS (Suisse) à l'Université de Warwick, M. Hairer est nommé Assistant Professor dans cette université. Il séjourne en 2009 au Courant Institute (New-York).

M. Hairer est aujourd'hui *Regius Professor* de l'Université de Warwick.

Les relations de Martin Hairer avec la communauté mathématique française sont particulièrement riches, tant au niveau scientifique (avec les probabilistes de Toulouse et d'ailleurs, en physique mathématique, de nombreux cours donnés) qu'institutionnel (participation dans divers comités).

Prix et Distinctions :

- Advanced Research Fellowship, EPSRC (2006–2011)
- Editors' Choice Award, Macworld (2007)
- Prix Whitehead (London Mathematical Society, 2008)
- Prix Philip Leverhulme (Leverhulme Trust, 2008)
- Wolfson Research Merit Award (Royal Society, 2009)
- Leverhulme Research Leadership Award (Leverhulme Trust, 2012)
- Prix Fermat (Toulouse, 2013)
- Consolidator grant (European Research Council, 2014)
- Fellow of the Royal Society (2014)
- Prix Fröhlich, (London Mathematical Society, 2014)
- Médaille Fields (Séoul, 2014)

Conseils scientifiques et autres comités

- Conseil scientifique Oberwolfach Institute (2013--)
- Conseil scientifique Institut Henri Poincaré (Paris, 2012-)
- Conseil scientifique Centre Henri Lebesgue (Rennes/Nantes, 2012--)
- AFR Luxembourg (2012--)
- EPSRC peer review college (2006--)
- Comité Mathématiques ANR (2008-2010)
- Early Career Research Program (USA Dept. of Energy; 2009)

Éditeur associé

- Probability Theory and Related Fields (2008--)
- Journal of Functional Analysis (2013--)
- Annales de l'IHP Sér. B (2011--)
- Electronic Journal of Probability (2010--)
- Electronic Communications in Probability (2010--)
- SPDEs: analysis and computations (2012--)
- NoDea (2007--)
- Journal of Mathematical Analysis and Applications (2010--2011)

Publications

Voir sur le site www.hairer.org

Thèmes de recherche :

NB : ce texte est essentiellement une contraction du texte écrit par Dominique Bakry à l'occasion de la remise du Prix Fermat 2013 à Martin Hairer : les travaux de Hairer y sont décrits amplement (Gazette SMF, 141 (113-115), juillet 2014).

Les travaux de Martin Hairer portent sur de multiples aspects à la frontière entre les équations aux dérivées partielles non linéaires, les probabilités et l'analyse en dimension infinie. Ils concernent plus spécifiquement ce qu'on appelle les équations aux dérivées partielles stochastiques [ÉDPS], mais aussi des domaines plus classiques comme la convergence à l'équilibre pour les bains de chaleur (équations d'évolutions non linéaires très dégénérées), la mécanique statistique hors équilibre, les mouvements browniens fractionnaires, les problèmes d'homogénéisation et l'algorithmique.

Dans l'étude des ÉDPS, le cas linéaire, avec éventuellement des singularités douces, est bien traité par les outils de l'analyse gaussienne en dimension infinie. Dès que l'on aborde les équations non linéaires, les questions deviennent beaucoup plus difficiles, le type d'approche pour les problèmes linéaires étant totalement inopérant : les problèmes sont souvent mal posés, les solutions sont des distributions avec des régularités très faibles, il n'y a pas d'ellipticité locale, etc.

Pour résoudre ces questions, Hairer a dû revisiter les outils classiques comme le calcul de Malliavin (c'est-à-dire le calcul des variations sur les espaces gaussiens de dimension infinie), la théorie des chemins rugueux (c'est-à-dire la résolution d'équations différentielles ordinaires dirigées par des signaux non dérivables) entre autres. Ces travaux ont fait l'objet de deux exposés au séminaire Bourbaki (en 2009 par Kupiainen, puis en 2013 par Zambotti)

Un des premiers résultats importants de Hairer, en collaboration avec Jonathan Mattingly, concerne l'équation de Navier-Stokes en dimension 2 périodique avec un terme de forçage gaussien n'ayant qu'un nombre fini de modes de Fourier.

La question de l'existence et surtout de l'unicité d'une mesure d'équilibre (l'*ergodicité*) devient assez compliquée, car on a alors affaire à un problème hypoelliptique en dimension infinie, où un nombre fini de champs de vecteurs doivent engendrer par leurs crochets un espace de dimension infinie. Le calcul de Malliavin (ou la théorie de Hörmander) est bien adapté pour ces problèmes hypoelliptiques, mais clairement insuffisant dans ce cadre de dimension infinie.

En revisitant la théorie classique de manière quantitative, Hairer et Mattingly réussissent à décrire complètement la nature arithmétique du support des modes qui permettent d'obtenir l'ergodicité.

Une autre équation d'évolution non linéaire importante est l'équation de Kardar–Parisi–Zhang, dite KPZ, qui apparaît naturellement lorsqu'on étudie des interfaces aléatoires en mécanique statistique par exemple. À nouveau, les outils classiques sont en défaut. M. Hairer utilise une version de la théorie des chemins rugueux développée par T. Lyons, en l'adaptant à son contexte, tout en développant le calcul sur des arbres binaires (qui reflètent le caractère quadratique de l'équation lorsqu'on implante une méthode de point fixe). Cela lui permet de décrire précisément le type de régularité des solutions (en terme d'espaces de Besov) lorsque le terme de forçage est une distribution de régularité précisément contrôlée.

Cela l'a amené à développer une ambitieuse « Théorie des structures de régularité », qui permet de remplacer les approximations polynomiales de fonctions par une approche formelle. Cette théorie prend en compte les réécritures des développements par passage d'un point à un autre (et c'est l'action de ce groupe de réécriture qui *in fine* produira les constantes de renormalisation), ainsi que la façon dont, dans un processus d'approximation, on sera amené à multiplier entre elles, des distributions de régularité données. Ce nouveau cadre conceptuel lui permet d'étudier d'autres types d'équations d'évolution non linéaires survenant en physique et d'énoncer, pour la première fois, des résultats rigoureux en un sens solidement établi.

Au total, les travaux de M. Hairer constituent un ensemble extrêmement profond d'avancées dans le domaine des équations d'évolution avec termes aléatoires ou très irréguliers, avec des résultats très précis concernant l'existence, l'unicité et la régularité des solutions, combiné avec le développement parallèle d'outils théoriques très généraux et puissants ouvrant la voie à de nombreuses applications.