

Un groupe de travail

Le groupe de travail *Sciences en Questions* a été constitué à l'INRA en 1994 à l'initiative des services chargés de la formation et de la communication. Son objectif est de favoriser une réflexion critique sur la recherche par des contributions propres à éclairer, sous une forme accessible et attrayante, les questions philosophiques, sociologiques et épistémologiques relatives à l'activité scientifique.

Une collection des Éditions INRA

- *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*, par Jean-Marie Legay (1997)
- *Les usages sociaux de la science. Pour une sociologie clinique du champ scientifique*, par Pierre Bourdieu (1998)
- *Les chercheurs et l'innovation. Regards sur les pratiques de l'INRA*, par l'INRA et l'École des Mines de Paris (1998)
- *La fin du "tout génétique" ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, par Henri Atlan (1999)
- *Les savants croient-ils en leurs théories ? Une lecture philosophique de l'histoire des sciences cognitives*, par Jean-Pierre Dupuy (2000)
- *La loi sur la recherche de 1982. Origines, bilan et perspectives du "modèle français"*, par Jean-François Théry et Rémi Barré (2001)
- *Les harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie. Évolution et biodiversité*, par Pierre-Henri Gouyon (2001)
- *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, par Dominique Pestre (2003)
- *L'évaluation du travail à l'épreuve du réel. Critique des fondements de l'évaluation*, par Christophe Dejours (2003)
- *Se libérer de la matière ? Fantômes autour des nouvelles technologies*, par Bernadette Bensaude-Vincent (2004)



Institut National de la Recherche Agronomique
147, rue de l'Université - 75338 Paris cedex 07
Tél : 01 42 75 90 00 - Fax : 01 47 05 99 66

Jean-Paul Delahaye

Complexité aléatoire et complexité organisée

jeudi 19 octobre 2006
de 9h30 à 13h

INRA Amphithéâtre
147 rue de l'Université, Paris 7^{ème}

Entrée libre
mais inscription obligatoire auprès de
Daniel Renou renou@nantes.inra.fr
en raison des places disponibles



Direction des Ressources Humaines
Service Formation - Mission Communication

Complexité aléatoire et complexité organisée

Les notions de complexité, d'organisation et d'information, sont omniprésentes, notamment en biologie où les deux premières sont d'usage ancien. Pourtant indispensables, elles ont la propriété commune d'être mal définies, et leur emploi, en général assez flou.

Ces notions n'ont vraiment commencé à être bien comprises en mathématiques que dans le cours du vingtième siècle et en particulier les tentatives de mathématisation de l'opposition intuitive entre le simple et le complexe n'ont réellement abouti à des résultats intéressants que depuis quelques années grâce à la théorie algorithmique de l'information de Gregory Chaitin et Andreï Kolmogorov, théorie elle-même fondée sur les progrès de la théorie de la calculabilité de Alonzo Church, Kurt Gödel et Alan Turing.

Cette théorie définit la complexité d'un objet, préalablement numérisé sous la forme d'une suite finie de '0' et de '1', par la taille du plus court programme qui permet d'engendrer cet objet. Cette théorie, qui donne de la notion d'information une vision nouvelle complétant et précisant celle de Claude Shannon, s'est révélée capable de prendre en compte et de mesurer toutes sortes de redondances et de régularités dans les objets auxquels on l'applique. Les régularités de type statistique aussi bien que les régularités de type arithmétique, algébrique ou combinatoire sont concernées et entrent dans le champ de la théorie. L'application pratique de cette complexité de Kolmogorov se fait par l'utilisation des algorithmes de compression sans pertes et conduit à de nouvelles méthodes de classification des langues, des séquences génétiques, mais aussi des textes littéraires, des morceaux de musique et des images.

Cependant, aussi puissante que soit cette théorie sur un plan général et pratique, elle ne permet pas de distinguer entre "complexité aléatoire" et "complexité organisée". Car il y a bien deux sortes de complexités :

- la complexité des objets difficiles à décrire car impossibles à comprimer (exemple : la suite des résultats d'une suite de tirages à pile ou face)
- la complexité des objets très structurés, subtilement agencés et hiérarchisés comme le sont les ordinateurs, les villes ou les êtres vivants.

Dans la décennie 1980, le physicien Charles Bennett a proposé de donner un sens rigoureux à cette distinction naturelle qui jusque-là échappait à la formalisation. La notion qu'il introduit -le concept de profondeur logique- vient compléter celle de complexité de Kolmogorov en se fondant à nouveau sur la théorie de la calculabilité.

Plus difficile à mettre en œuvre pratiquement, cette théorie de la complexité organisée suggère cependant un ensemble de considérations nouvelles à propos de ce qu'est un objet complexe (au sens de l'organisation), ou sur la nature du phénomène de "complexification de l'univers" et ses propriétés (loi de la croissance lente pour l'organisation, irréversibilité, rapports avec les thermodynamiques). De plus cette théorie rend peut-être possible la formulation de principes éthiques abstraits, qui ne seraient pas fondés sur l'homme ou le vivant, mais sur une valeur définie de manière plus universelle.

Jean-Paul Delahaye est professeur à l'université de Lille I. Agrégé et docteur d'Etat en mathématiques, il a été successivement membre du laboratoire d'Analyse numérique et Optimisation de l'université de Lille I, puis du laboratoire d'Informatique fondamentale de Lille (LIFL).

Directeur de l'équipe "Méthodes et outils théoriques pour la programmation en logique", puis de l'équipe "Bioinfo", il a rejoint l'équipe d'intelligence artificielle "Simulation Multi-Agents et Comportements" du LIFL.

Après des travaux sur l'algorithmique à nombres réels, ses travaux de recherche ont porté sur des thèmes d'intelligence artificielle : programmation logique, moteurs d'inférences, théorie computationnelle des jeux. Depuis 1988, il travaille aussi sur des sujets liés à la théorie de la complexité de Kolmogorov avec des applications à l'étude des séquences génétiques ou à l'économie.

En parallèle, il mène une activité de promotion de la culture scientifique (rubrique mensuelle "Logique et calcul" dans la revue *Pour la Science*, conseiller pour les mathématiques et l'informatique auprès de l'Encyclopedia Universalis, conférences...). Il est l'auteur de treize livres dont plusieurs ont été traduits. Ces travaux ont été honorés par le prix d'Alembert 1998 de la Société Mathématique de France, et par le premier prix Auteur 1999 de la culture scientifique et technique du ministère de l'Education nationale de la Recherche et de la Technologie.

Quelques éléments de bibliographie

- *Sequence Transformations*, Springer-Verlag, *Series on Computational Mathematics*, 1988.
- *Information, complexité et hasard*, collection Langue-Raisonnement-Calcul dirigée par Mario Borillo et Frédéric Nef. Editions Hermès, Paris, 1994 et 1999.
- *Le fascinant nombre Pi*, Editions Pour-La-Science/Belin, Paris, 1997. (Prix d'Alembert de la Société mathématique de France, 1998.)
- *L'intelligence et le calcul : de Gödel aux ordinateurs quantiques*, Editions Pour-La-Science/Belin, Paris, 2002.
- *Les inattendus mathématiques*. Livre. Editions Pour-La-Science/Belin, Paris, 2004.
- *Le hasard : une idée, un concept, un outil*, Editions l'Harmattan, 2005, ouvrage collectif sous la direction de J.-P. Delahaye avec des textes de N. Bouleau, S. Callens, M. Conche, J.-P. Delahaye, J.-G. Ganascia, N. Gauvrit, L. Goubin, H. Le Bras, J. Patarin, D. Schwartz.