

sa température est égale à 2,7 kelvins. Depuis son observation par le satellite COBE, de nombreux cosmologistes en étudient les propriétés ; ils ont déjà réussi à relier l'existence de grandes structures (amas de galaxies ou galaxies), dans l'Univers, à des phénomènes dont l'origine se trouve dans les théories des hautes énergies. On étudie aujourd'hui comment ces observations, et celles qui suivront, éclaireront le mécanisme à l'origine des structures observées dans l'Univers et dévoileront les conséquences des théories de supercordes et des nouvelles idées sur les structures de l'espace...

La nucléosynthèse fait l'objet du livre de Michel Cassé : des réactions nucléaires dans l'Univers et dans les étoiles forment les éléments, du deutérium (noyau à deux particules nucléaires, ou nucléons) jusqu'à l'uranium (noyau à 238 nucléons). Gamow avait compris que la nucléosynthèse primordiale engendra de l'hydrogène, de l'hélium et un peu de lithium. Puis, entre 1954 et 1957, Fred Hoyle, William Fowler, Margaret et Geoffrey Burbidge comprirent qualitativement que des éléments chimiques compris entre le lithium et le fer se forment dans les étoiles (nucléosynthèse stellaire), et que des éléments compris entre le fer et l'uranium apparaissent lors des explosions d'étoiles, ou supernovae (ces découvertes valurent le prix Nobel à tous les physiciens cités, sauf à Fred Hoyle, dont les idées sur le Big Bang étaient jugées hérétiques). À ces deux mécanismes s'ajoute celui qui forme le lithium, le béryllium et le bore par interaction des rayonnements cosmiques avec les éléments déjà formés.

M. Cassé suit ces trois voies pour nous conter la genèse des éléments chimiques, au fil de cycles de réactions nucléaires fortement imbriqués avec l'histoire de l'évolution stellaire. Un va-et-vient incessant entre l'astrophysique et la physique nucléaire au cours duquel nous sommes initiés à l'histoire du carbone et du fer, à l'alchimie stellaire de l'or et du plomb. L'exposé scientifique, bien documenté par de nombreux graphiques et tableaux, est saupoudré d'anecdotes historiques et dresse un tableau fidèle et rigoureux (mais pourquoi tant d'erreurs typographiques!) de l'état de l'astrophysique nucléaire.

La matière dont nous parle M. Cassé n'est qu'une part infime de la matière présente dans l'Univers. Elle a le bon goût d'être la matière constitutive des êtres vivants (du moins ceux que nous connaissons) et d'être visible. Comme le dit M. Cassé, dans une langue très imagée et haute en émerveillement : «les atomes des étoiles parlent aux atomes des yeux le langage de la lumière». Les observations cosmologiques indiquent que cette matière habituelle, «baryonique», n'est

que l'écume de la matière présente dans l'Univers. Plus des neuf dixièmes de la matière seraient invisibles (la célèbre «matière noire») et d'une nature nouvelle. Ces idées récentes de la cosmologie et leurs implications sont discutées brièvement dans le livre.

La quête commençante de cette matière invisible crée un lien supplémentaire entre astrophysique, cosmologie et physique des particules. Qui démasquera la matière noire : les télescopes ou les accélérateurs ? Plutôt qu'une course, il devrait y avoir des passages de relais. Les observations actuelles du fond diffus électromagnétique, des rayons cosmiques de très haute énergie, la recherche de matière noire... promettent de riches heures et de nombreux échanges entre les astrophysiciens, les cosmologistes et les physiciens des particules.

Le livre de M. Cassé nous rappelle que les interactions entre ces disciplines ne sont pas nouvelles. L'astrophysique nucléaire est une illustration riche en enseignements des fenêtres ouvertes entre l'observation de notre Univers et les théories censées décrire la structure de la matière à haute énergie.

Jean-Philippe UZAN

Économie

La théorie des jeux

Gaël Giraud. Éditions Flammarion, 2000 (318 pages, 59 francs).

Théorie des jeux et modélisation économique

David Kreps. Éditions Dunod, 2000 (166 pages, 178 francs).

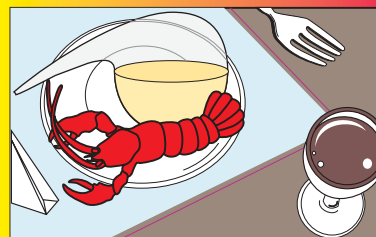
La théorie des jeux est à la mode en sciences sociales, et son exemple fétiche est le «dilemme des prisonniers» : deux personnes soupçonnées d'avoir commis un larcin se dénoncent mutuellement – et sont sanctionnées –, car chacune est alléchée par la promesse d'une prime (pour la toucher, il faut toutefois ne pas avoir été soi-même dénoncé), alors qu'elles gagneraient à se taire toutes deux (elles seraient libres, mais ne toucheraient pas de prime). Cette étonnante mise en avant d'un dilemme conduit nécessairement à la question : qu'est-ce que la théorie des jeux ? Gaël Giraud, comme la plupart des théoriciens des jeux, répond : «C'est une branche des mathématiques appliquées.»

FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

vous invitent
à écouter la chronique
de Marie-Odile Monchicourt :

Info Sciences

Tous les jours
sur **France Info**
à 15 heures 41,
17 heures 10,
20 heures 12,
22 heures 12,
et 23 heures 42



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 25 janvier 2001.



POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06
Tél : 01-55-42-84-00
<http://www.pourlascience.com>
Commande de dossiers ou de magazines :
01-55-42-84-00 poste 4016 ou 4017

POUR LA SCIENCE Directeur de la rédaction : Philippe Boulanger. Françoise Cinotti (Rédactrice en chef), Philippe Pajot, Loïc Mangin, Claire Le Poulennec, François Savatier, Emmanuel Leclerc, Laurence Plévert, Marie-Neige Cordonnier (Rédacteurs). Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenet, Pascale Thiolier, Céline Lapert, Sylvie Sobelman. Site Internet : Cyril Lamotte. Marketing et Publicité : Stéphane Montouchet, assisté de Séverine Merviel et Christophe Vitiello. Direction financière : Anne Gusdorf. Direction du personnel : Jean-Benoît Boutry. Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Géraldine Le Coz. Presse et communication : Sylvie Gillet, assistée de Nathalie Choplain. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet. Conseiller scientifique : Hervé This.

Ont également collaboré à ce numéro : Paul Decaix, Évelyne Host-Platret, Marie-Thérèse Landousy, Anne Masé, Alexis Michel, Harold Mouras, Claude Olivier, Marie-Pierre Olphand, Christophe Pichon, Jean Schneider, Daniel Tacquenet, Dominique Valentian.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor : John Rennie. Board of editors : Michelle Press, Mark Alpert, Carol Ezzell, Wayt Gibbs, Kristin Leutwyler, Madhusree Mukerjee, George Musser, Sasha Nemecek, Ricki Rusting, Sarah Simpson, Gary Stix, Philip Yam, Glenn Zorpette. Chairman Emeritus : John Hanley. Chairman : Rolf Griesebach. President and Chief Executive Officer : Gretchen Teichgraber. Vice-President : Chuck McCullagh and Frances Newburg.

PUBLICITÉ France

Chef de Publicité : Jean-François Guillotin
(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté d'Irène Limon
8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97
Télécopieur : 01 43 25 18 29

Étranger : 415 Madison Avenue, New York.
N.Y. 10017 - Tél. (212) 754.02.62

SERVICE ABONNEMENTS

Anne-Claire Ternois : 01 55 42 84 04

SERVICE DE VENTE RÉSEAU NMPP

Christophe Vitiello : 01 55 42 84 81

DIFFUSION DE LA BIBLIOTHÈQUE

POUR LA SCIENCE

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal, Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oides - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue «Pour la Science», dans la revue «Scientific American», dans les livres édités par «Pour la Science» doivent être adressées par écrit à «Pour la Science S.A.R.L.», 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial «Scientific American» sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à «Pour la Science S.A.R.L.»

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).

Nos lecteurs trouveront des bulletins d'abonnement en pages 18A, 18B, 98A et 98B.

Voilà qui est bien vague, car à quoi les mathématiques sont-elles «appliquées»? Et à quelle fin? G. Giraud ne répond pas vraiment à ces questions. Tout au long de son ouvrage, il montre des situations variées, qui vont des privatisations des monopoles à la *pax romana*, en passant par les grèves de 1936, où l'on voit divers «jeux» (les gains de chacun dépendant de la décision des autres), mais il se garde bien de les mettre sous une forme précise qui dirait à quoi servent les mathématiques. À le lire, on a le sentiment que la théorie des jeux ne traite pas des situations réelles, mais plutôt qu'elle examine des situations que la société considère comme «idéales» : l'auteur qualifie d'ailleurs souvent le théoricien des jeux d'«ingénieur social».

Cette dimension normative de la théorie des jeux est soulignée dès le début du premier chapitre : «La première question à laquelle la théorie des jeux s'efforce de répondre est la suivante : comment définir un «bien commun» à un groupe d'individus ayant des intérêts contradictoires?» La définition du bien commun est évidemment difficile : ce qui est le meilleur pour certains ne l'est généralement pas pour d'autres. Il n'existe donc pas, sauf cas très exceptionnel, de situation (d'issue du jeu) qui s'impose à tous comme «la» solution que le théoricien pourrait prescrire (en jouant son rôle d'«ingénieur social»). Ainsi la question que pose G. Giraud – définir un «bien commun» – n'a généralement pas de réponse.

Aussi les théoriciens des jeux adoptent-ils un point de vue plus limité, qui consiste à définir ce qu'ils appellent des «concepts de solution», ensembles de caractéristiques jugées raisonnables ou souhaitables (par le modélisateur ou les «joueurs»), tout en permettant le traitement mathématique. Le grand nombre et la diversité des concepts de solution est un des traits marquants de la théorie des jeux. G. Giraud en donne une longue liste : ensemble de marchandage, cœur, noyau, nucléolus, valeur de Shapley, équilibres de Nash, parfaits en sous-jeux, séquentiels, corrélés... Cette liste peut conduire à l'idée d'une «richesse» de la théorie des jeux... mais aussi à un sentiment de désordre : pourquoi opterait-on pour tel concept de solution plutôt que pour tel autre? Et à quelle fin? On revient à la question initiale : que veut exactement la théorie des jeux?

Par exemple, au début du chapitre VII, sur «la stabilité stratégique», G. Giraud écrit : «Nous savons que, si nous voulons être en mesure de prescrire aux joueurs d'un jeu non coopératif un comportement autoperformatif (*sic!*), alors le N-uplet de stratégies qu'il nous faudra retenir devra être un équilibre de Nash.» On retrouve l'idée que la théorie des jeux «prescrit».

Dans le cas présent, c'est un équilibre de Nash, en raison de ses «comportements autoperformatifs» – autrement dit, les prévisions sur la base desquelles les choix ont été faits sont vérifiées (ou confirmées). Pourquoi privilégier une telle situation? «Avoir vu juste» procure peut-être une certaine satisfaction, mais cela n'est sûrement pas une justification. G. Giraud a par ailleurs étudié le cas du dilemme des prisonniers et montré que, si celui-ci est répété un nombre fini de fois, le seul équilibre de Nash («autoperformatif») procure des gains nuls ou négatifs aux joueurs, alors qu'ils pourraient être très élevés – si le jeu est répété un grand nombre de fois – avec un autre type de comportement. «Prescrire» un équilibre aussi peu intéressant est donc une absurdité.

Emporté par son enthousiasme, G. Giraud écrit même qu'en adoptant le cadre de la théorie des jeux «les économistes se contentent souvent d'une représentation simplifiée du monde qu'ils étudient, avec l'espoir qu'une formalisation plus réaliste les conduirait à des conclusions qui ne diffèrent pas qualitativement de celles auxquelles ils peuvent parvenir à moindres frais. Les physiciens qui font de la mécanique classique n'agissent pas autrement : ils n'ignorent certes pas que les phénomènes qu'ils étudient relèvent fondamentalement de la mécanique relativiste, mais, en présence de vitesses faibles comparées à la célérité de la lumière, troquer les équations d'Einstein contre celles de Newton apporterait un gain de précision ridicule comparé à la perte de temps et d'énergie qu'occasionnerait un tel souci de réalisme». La théorie économique, grâce notamment à la théorie des jeux, aurait donc atteint la précision de la mécanique newtonienne? Voilà qui étonnera quiconque a côtoyé les prévisions économiques...

Si l'on veut se faire une idée sérieuse de la théorie des jeux, mieux vaut se reporter à une valeur sûre, l'ouvrage de David Kreps, *Théorie des jeux et modélisation économique*, récemment traduit en français (aux éditions Dunod). Mondialement reconnu, D. Kreps est bien moins ambitieux que G. Giraud : loin de laisser entendre que la théorie des jeux pourrait expliquer la plupart des faits économiques et sociaux, passés et présents, il se contente de consigner ses réflexions – très nuancées et proches du scepticisme – à son propos, tout en la présentant de façon claire et accessible au non-initié.

Bernard GUERRIEN

La liste de tous les livres reçus en service de presse par la rédaction de *Pour la Science* est donnée sur notre site Internet, à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>