

La crise expliquée par les maths

Trop simples, les modèles mathématiques n'ont pas su prédire l'effondrement de la finance mondiale. Quatre défis attendent les chercheurs pour les redéfinir

Cesse-t-on de consulter la météo après une tempête imprévue ? Non, bien sûr. Les tornades et tsunamis délivrent au contraire des données que les scientifiques des services de météorologie s'empressent d'analyser pour perfectionner leurs prévisions.

Ainsi en est-il de la finance. La crise donne du grain à moudre aux mathématiciens. Près de 600 d'entre eux étaient réunis les 19 et 20 mars, à Paris, à l'occasion du deuxième Forum international sur la recherche en finance, organisé par l'Institut Europlace. « La crise est un cas magnifique pour un chercheur ; un cas intéressant, comme dirait un médecin d'un malade », apprécie Pierre-Louis Lions, médaille Fields (l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiciens de moins de 40 ans) et professeur au Collège de France.

« On a trop fait confiance à des modèles trop simples, à des agences de notation qui elles aussi s'appuyaient sur des modèles simplistes », souligne Michel

Crouhy, directeur recherche et développement de Natixis. « Les banques qui ont le moins perdu sont celles qui ont utilisé les modèles les plus sophistiqués », affirme Valérie Rabault, responsable Risk Strategy pour les activités Dérivés-action de BNP Paribas.

La crise permet de mieux cerner les faiblesses des modèles mathématiques. Quatre défis attendent les chercheurs.

Premier défi : la fiabilité des données. Les modèles ne peuvent être fiables que s'ils utilisent des données qui le sont. Or ce n'était plus le cas dans les années qui précèdent la crise. « En 2000, les trois quarts des prêts américains immobiliers risqués [les subprimes] étaient bien documentés. En 2006, la moitié seulement l'était. Car vérifier l'information coûte cher », explique Til Schuermann, de la Banque centrale (Federal Reserve) de New York.

Deuxième défi : gérer la pénurie. Les modèles et les régulations conduisent un grand nombre d'acteurs à adopter le

même comportement. Quand la crise a commencé, ils ont été nombreux à vouloir acheter les mêmes produits pour se couvrir, et n'en ont plus trouvé sur le marché. Ou, quand il y en avait, « ils étaient vendus à des prix exorbitants, du fait d'une volatilité [fluctuation des cours] exceptionnelle », observe M^{me} Rabault.

En outre, « les instruments nécessaires pour couvrir des titres dont la valeur chute de plus de 40 % en quelques jours n'existaient tout simplement pas sur les marchés cotés, parce que personne n'avait pensé que des clients en auraient un jour besoin », ajoute cette spécialiste. Cette situation de pénurie n'est pas prévue dans les modèles, qui considèrent que tout produit financier est à tout moment disponible sur le marché. « Ce risque de liquidité intéresse les chercheurs », confirme Monique Jeanblanc, professeure de mathématiques à l'université d'Evry.

Troisième défi : les interactions entre les acteurs. Au lieu de gérer la situation d'une banque indépendamment des

autres, les modèles mathématiques devront prendre en compte « le risque systémique », ajoute Christian Gouriéroux, professeur au Centre de recherche en économie et statistiques (Crest) et à l'université de Toronto. Les comportements des traders doivent être mieux étudiés. « La crise va recentrer la recherche vers la compréhension des mécanismes, les interactions entre les agents, la physique du marché », se réjouit Frédéric Abergel, professeur, titulaire de la chaire de finance quantitative à l'École centrale de Paris.

Ces modèles existaient depuis le début de la décennie, mais étaient peu utilisés « parce qu'ils mettaient plus en évidence les risques, ce qui impliquait que les banques devaient faire plus de provisions, hypothèse qu'elles n'avaient guère envie d'entendre ! La crise va faire ressortir ces modèles issus de l'éconophysique, qui complètent les modèles mathématiques », ajoute M. Abergel. Pour y parvenir, il faut aussi que les modèles ne soient plus statiques, comme le sont la plupart d'entre eux, mais dynamiques, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte de l'évolution des situations et des risques encourus. Mais peu de praticiens sont formés à l'utilisation des modèles dynamiques.

Quatrième défi : mieux considérer les risques. Le métier de gestionnaire des risques est moins respecté que celui de commercial (trader). « Mes meilleurs étudiants ont été embauchés par les traders. Ceux chargés de mesurer les risques étaient moins bien traités, ce qui a introduit des distorsions. C'est un point clé de l'histoire », insiste Jean-Michel Lasry, conseiller scientifique de Calyon. A diplôme égal, un mathématicien travaillant à la gestion des risques, avec cinq ans d'expérience, gagne environ quatre à cinq fois moins que son collègue « quant » – analyste quantitatif, spécialiste des titres financiers sophistiqués –, qui met ses compétences aux profits des traders. CQFD. ■

A. K.

Annie Kahn

La revanche de l'écono-physique

JEAN-PHILIPPE BOUCHAUD, professeur de physique à l'École polytechnique et cofondateur de Capital Fund Management, est en core heureux et surpris. « J'ai été invité à parler, en scéance plénière, au Forum international sur la recherche en finance. C'était la première fois que les mathématiciens me donnaient la parole depuis près de quinze ans ! » Depuis 1995, et la parution (le 14 mars) dans *Le Monde* d'un article mettant en cause la théorie de Black et Scholes, bible des mathématiciens de la finance, ces derniers l'ont battu froid. « La situation commence à se dégeler ! », constate-t-il.

La crise accélère la fonte. Elle prouve

que les lacunes et les risques des modèles mathématiques qu'il avait pointés en 1995 étaient fondés.

A la différence des mathématiciens, les physiciens commencent par observer les phénomènes qu'ils étudient, explique son collègue Frédéric Abergel, professeur de finance quantitative à l'École centrale de Paris. En l'occurrence, les « carnets d'ordres », c'est-à-dire la liste des offres d'achat et de vente de titres, ainsi que les prix des transactions. Et « quand nous arrivons à faire des modèles qui reproduisent ce qui se passe, nous sommes déjà très contents, même si ça ne donne pas lieu à des belles équations », poursuit M. Bou-

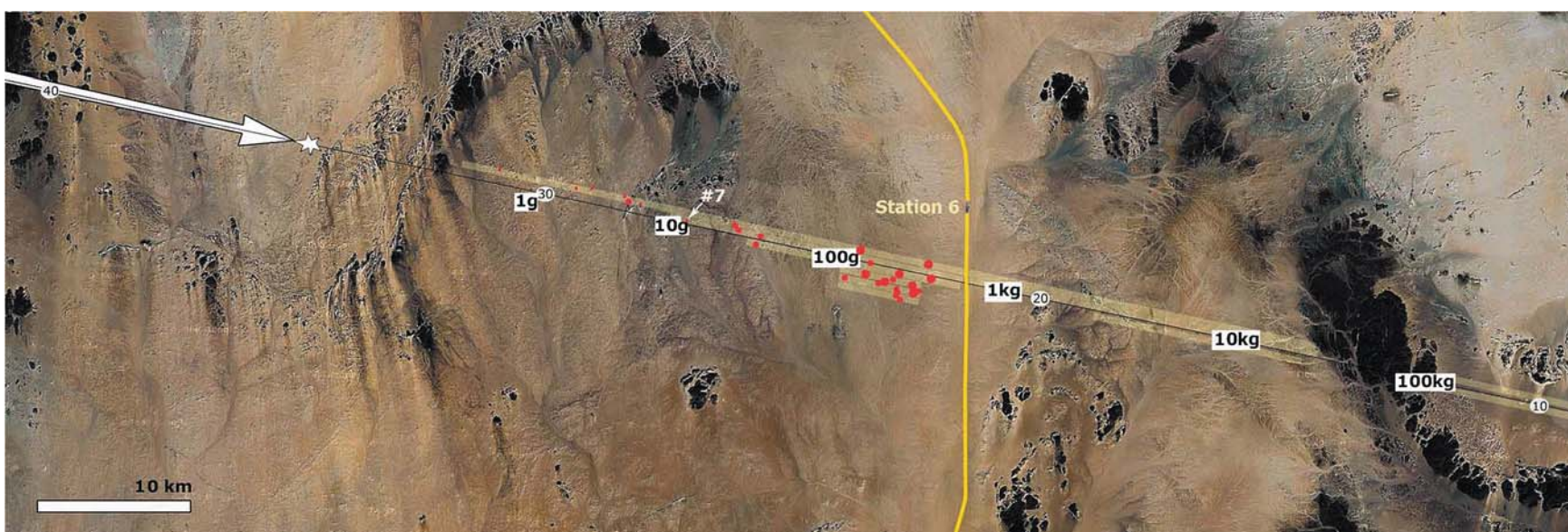
chaud. Ces observations ont permis de constater que certains principes de base de l'économie et de la finance étaient faux. « On découvre des mécanismes fondamentaux sur les raisons des changements de prix », explique M. Bouchaud. Elles ont aussi montré la nécessité de mieux prendre en compte et enseigner les risques encourus. Afin de mettre en place, comme il l'affirmait déjà en 1995, « une réelle pédagogie du risque, imposée depuis longtemps à l'industrie nucléaire pour prévenir des catastrophes dont les conséquences sont, quant à certains aspects, assez comparables » ! ■

A. K.

Annie Kahn

L'astéroïde 2008 TC₃, traqué sur la Terre comme au ciel

Les fragments d'une météorite détectée avant sa chute ont été retrouvés dans le désert soudanais. Une première



Cette vue aérienne du désert nubien (Soudan) décrit la trajectoire de l'astéroïde 2008 TC₃. La détonation a eu lieu à 37 km d'altitude (étoile). Les fragments sont ensuite tombés au sol, les plus massifs atterrissant plus loin. Une partie d'entre eux (points rouges et à droite) ont été récoltés. NATURE-NASA

Pour la première fois, des fragments de météorite retrouvés au sol ont pu être attribués avec certitude à un astéroïde, dont la chute sur Terre a été observée en temps réel. Généralement, on ne voit pas venir ces bolides. Ils achèvent leur voyage intersidéral dans une lueur de gloire, fracassés dans la haute atmosphère. Des passionnés en trouvent les fragments, cailloux calcinés sur les étendues claires des déserts ou de l'Antarctique. Trente mille météorites ont été ainsi collectées. Hormis pour une poignée, trahis par leur composition et venus de la Lune, de Mars ou encore de l'astéroïde Vesta, leur origine reste inconnue.

Pour 2008 TC₃, il en ira peut-être autrement. Les derniers instants de cet astéroïde ont pu être suivis avec précision par les astronomes. Et une partie des débris dispersés dans le désert nubien a été récoltée. Cette aventure scientifique inédite est décrite dans la revue *Nature* du 26 mars.

Tout a commencé le 6 octobre 2008 vers minuit. Le télescope automatique du mont Lemmon (Arizona) identifie alors un point mouvant dont les coordonnées sont adressées au Minor Planet Center de Cambridge (Massachusetts). Au matin, branle-bas de combat : l'astéroïde, baptisé 2008 TC₃, doit entrer en collision avec la Terre. Avec ses quelques mètres de diamètre, il ne représente pas une réelle menace, plutôt une chance unique d'observer un tel phénomène en direct.

Mais il faut faire vite : moins de dix-neuf heures après sa détection, il doit se désintégrer dans l'atmosphère, au-dessus du désert de Nubie, au Soudan, indiquent les premiers calculs, rapidement confirmés par une batterie d'observations. Peu avant l'impact, 2008 TC₃ passe dans l'ombre de la Terre : il devient invisible, jusqu'à son entrée dans l'atmosphère. Sa dislocation explosive (un dixième de la puissance de la bombe d'Hiroshima) est détec-

tée par le réseau américain de surveillance des essais atomiques et par des satellites météorologiques. Mais aussi par le pilote d'un vol de la KLM au-dessus du Tchad, par le chef de gare d'une ligne soudanaise et par des villageois revenant de la prière.

« De telles conditions, on en rêve ! »

Fin de l'histoire ? C'est là qu'entre en scène Peter Jenniskens, de l'Institut de recherche d'intelligence extraterrestre (SETI) de Mountain View (Californie). Il se rend au Soudan et monte avec son confrère Muawia Hamid Shaddad (université de Khartoum) une expédition dans le désert nubien. Aidés de dizaines d'étudiants et guidés par les calculs de trajectoire, ils ont retrouvé quelque 280 fragments représentant plusieurs kilogrammes de la météorite, baptisée Almahata Sitta.

« De telles conditions, on en rêve ! », commente Bruno Fectay, chasseur français de

météorites, qui arpente le Sahara pour les collecter. La principale surprise a été la nature même de la roche, très poreuse, classée parmi les uréilites, fort rares. « On n'en avait jamais vu une comme cela, indique Jérémie Vaubaillon, de l'Observatoire de Paris, cosignataire de l'article de *Nature*. D'habitude, ce genre de matériaux aurait tendance à être associé avec des comètes. » Jean-Alix Barrat, géochimiste à l'université de Bretagne occidentale, salue la découverte : « C'est la première fois qu'on peut faire le lien entre une chute d'objet et une classe d'astéroïdes. »

Reste à préciser l'origine de 2008 TC₃. S'agit-il d'un fragment de 1998 HU₂, un géocroiseur de 2,6 kilomètres de diamètre ? « Les deux objets présentent des similarités dans leur évolution orbitale, indique Jérémie Vaubaillon. Mais il est trop tôt pour établir un lien certain entre eux. » 2008 TC₃ conserve une part de mystère. ■

Hervé Morin

Télescope

Espace

Un Soyouz mène un touriste récidiviste sur la Station spatiale

Le milliardaire américain Charles Simonyi a décollé jeudi 26 mars de la base russe de Baïkonour (Kazakhstan) à bord d'un vaisseau Soyouz. Il devient ainsi le premier touriste à effectuer un second vol vers la Station spatiale internationale (ISS). M. Simonyi fait partie d'un équipage de trois personnes, qui comprend également son compatriote Michael Barratt et le Russe Guennadi Padalka, tous deux astronautes professionnels. La veille, mercredi 25 mars, la navette américaine Discovery s'était détachée de la station orbitale et doit se poser samedi sur la base du Kennedy Space Center (KSC) avec sept astronautes à son bord – dont aucun touriste. M. Simonyi pourrait d'ailleurs être le dernier néophyte sur orbite avant longtemps, en raison du doublement prochain du nombre de cosmonautes à bord de l'ISS, ce qui réduira les capacités d'accueil de non-professionnels. ■

Biologie

Des cellules souches

« pluripotentes » sans ADN étranger

On les appelle cellules souches pluripotentes induites (IPS cells en anglais). Elles représentent un espoir de produire toute une gamme de tissus de remplacement capables de s'intégrer à des organes défectueux – sans recourir à des cellules souches embryonnaires. Mais, pour induire cette pluripotence, c'est-à-dire reprogrammer la cellule, il fallait jusqu'alors y introduire, à l'aide de vecteurs viraux, des gènes dont certains risquaient d'engendrer des phénomènes cancérogènes. En octobre 2008, une équipe japonaise, pionnière dans ce domaine, parvenait à s'affranchir de ce risque en introduisant les gènes « reprogrammeurs » dans des cellules de souris, à l'aide d'anneaux d'ADN appelés plasmides. Ceux-ci ne peuvent se mélanger au patrimoine chromosomique de la cellule. Une équipe américaine a appliqué une approche similaire à des cellules de peau humaine. Elle a constaté que la reprogrammation fonctionnait et que les plasmides porteurs de transgènes finissaient par disparaître après quelques divisions cellulaires. ■ (Yu et al., in *Science* du 27 mars.)

Avec, ou sans sexe ?

Chez une espèce nipponne de termite (*Reticulitermes speratus*), des chercheurs japonais et américains ont mis en évidence un mode de reproduction alterné : sexué ou non. Chaque colonie est fondée par un couple primordial, qui engendre l'ensemble des individus formant le groupe. Parmi les différentes variétés d'individus qu'elle engendre, la reine produit aussi ce que les chercheurs nomment des « reines secondaires » destinées à être à leur tour fécondées par le roi. Selon les auteurs, ces « reines secondaires » sont engendrées par leur mère par parthénogenèse, c'est-à-dire sans accouplement avec le roi. Cette stratégie est sans doute liée à la nécessité de limiter la consanguinité, puisque les reines secondaires ne portent aucun des gènes du roi qui les féconde. Les auteurs suspectent, du coup, que les reines ont une durée de vie inférieure à celle du roi, nécessitant la présence de génitrices surnuméraires, copiée à l'identique sur le modèle de leur mère. ■ (Matsuura et al., in *Science* du 27 mars.)

Médecine

L'herpès périodiquement activé par une « clé moléculaire »

Des chercheurs américains ont découvert que les phases de réactivation du virus de l'herpès (*Herpes simplex*) étaient associées à une protéine qu'ils ont baptisée VP16. L'infection par les virus de l'herpès est définitive mais, la plupart du temps, ce virus est à l'état latent et n'est responsable d'aucune pathologie. La sortie de cet état de latence se fait périodiquement selon un schéma que les chercheurs ne parviennent pas à expliquer. La découverte de réactiver le virus est importante et ouvre la voie au développement d'inhibiteur capable de bloquer VP16 pour entraver le retour du virus. (Sawtell et al., in *PLoS Pathogens*.)