

# Les mathématiques sont-elles responsables de la crise financière ?

**Tous les mois dans Le Figaro, des membres de l'Académie des sciences répondent aux grandes questions de l'actualité scientifique.**

**V**ous possédez une action d'une grande entreprise cotée en Bourse dont le prix fluctue sur le marché et vous trouvez un client qui s'engage à vous l'acheter dans un an à un prix fixé par contrat. Cette « option d'achat » est, ce que l'on appelle dans le jargon de la finance, un « produit dérivé » sur votre action. Rien ne vous empêche de vendre cette action et l'option qui va avec séparément avant l'échéance prévue dans le contrat. Mais à quel prix ? C'est toute la question et c'est pour tenter d'y répondre que les financiers ont fait et font de plus en plus souvent appel aux mathématiques.

Le monde de la finance est ainsi devenu, après l'enseignement et la recherche, le premier employeur des mathématiciens et des physiciens probabilistes (un quart des polytechniciens, certaines années !), et la crise de 2008 n'a pas ralenti cette tendance. Mais le comportement douteux de certains « quants » (analystes chargés d'éclairer les traders dans leurs choix grâce aux mathématiques), comme le gérant du fonds Abacus chez Goldman Sachs en 2007, rejallit sur nos jeunes experts, l'attrait des sa-

laires et des bonus faisant peser sur eux des accusations d'ordre éthique. Au point que certains politiciens vont jusqu'à les rendre responsables de la crise actuelle... La réalité est plus nuancée.

Dans l'ensemble, les quants ne créent pas les produits dérivés : ils ne font que participer à leur évaluation en termes de prix et de risque. La situation change s'ils deviennent eux-mêmes traders ou s'ils créent leur propre fonds d'investissement. Les cas sont rares mais parfois spectaculaires, tels Renaissance de James Harris Simon et CFM de Jean-Philippe Bouchaud. Ces deux fonds, très performants, prouvent qu'on peut réussir en appliquant une méthode scientifique, sans avoir à être un George Soros, au contraire !

## Des tests de résistance

Le modèle mathématique le plus célèbre a été proposé par Fischer Black, Myron Scholes et Robert Merton dans les années 1970. Il porte le nom de ses deux premiers inventeurs et modélise les produits dérivés simples, comme celui présenté au début de ce texte. Mais, depuis, le marché des produits dérivés s'est considérablement développé et représente des centaines de milliers de milliards de dollars. Il est également devenu infiniment plus complexe et sophistiqué avec des évaluations de risque, des tests de résistance (simulation de scénarios catastrophe) imposés aux banques par les accords de Bâle 3 et, dernièrement, les transactions haute fréquence : achats et ventes à la milliseconde pour mieux profiter des tendances (voir article ci-dessous).

Les méthodes de la finance quantitative débordent également sur d'autres domaines comme la gestion du capital d'une grande entreprise ou les prises de



**Olivier Pironneau**

MATHÉMATICIEN,  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE  
DES SCIENCES

décision pour les grands investissements technologiques. La modélisation est un métier avec une forte composante mathématique et informatique : on parle alors d'ingénierie financière. Ces modèles financiers « moulins » des milliards de fois par jour un nombre incalculable de données dans les ordinateurs de toutes les grandes banques du monde.

Le problème est que le modèle de Black-Scholes ne rend pas bien compte du marché, car il faudrait que ce dernier soit stable (existence d'un monnaie de référence), liquide (une action peut être introuvable sur le marché à un moment donné) et sans arbitrage (c'est-à-dire qu'on ne peut faire mieux qu'un placement au taux d'intérêt courant sans prendre un risque financier). Du coup, pour compenser les imperfections, on « calibre » le modèle sur les données du marché en introduisant des objets mathématiques complexes (niveau bac +4 au moins) : « processus de saut », « volatilités stochastiques » et autres. Mais cela reste malgré tout un micromodèle, un peu comme si l'on suivait une seule

particule de l'atmosphère sans s'occuper des interactions avec la multitude de ses semblables. En cas de turbulences, évidemment, rien ne va plus puisque les hypothèses cessent d'être vérifiées. La preuve : LTCM, le fonds d'investissement de Myron Scholes, en personne, a perdu 4,6 milliards de dollars en 2005 suite à une confiance inconsiderée dans son propre modèle. Voilà une bien coûteuse leçon d'humilité mathématique !

La vraie solution consisterait à adopter un point de vue global. Mais est-ce réalisable ? Rien n'est moins sûr. Ainsi, aucun modèle mathématique n'avait prévu l'effet planétaire du pari manqué sur la croissance immobilière américaine - les fameux subprimes - et « l'arnaque » de la titrisation par tranches des emprunts des ménages américains qui ont fait défaut lorsque leurs annuités ont été relevées. Ces fameux CDO (collateralized debt obligations) sont à l'origine de la faillite de la banque américaine Lehman Brothers...

## Répercussions dramatiques

Les CDS (credit default swap), une protection contre le défaut de paiement d'une entreprise ayant souscrit un prêt, étaient, quant à eux, correctement modélisés. Mais on ignorait qu'ils avaient atteint des montants effrayants (au moment de la crise, 8 % des produits dérivés étaient des CDS), ce qui provoqua la faillite de l'assureur AIG avec l'impact que l'on connaît sur les banques européennes. Il est clair que dans ces deux exemples aux répercussions dramatiques, les mathématiques ont péché par absence de modèles globaux ! De même, on ne sait rien, aujourd'hui, des conséquences futures de la généralisation des transactions haute fréquence !

Depuis 2008, quelques mathématiciens, comme Pierre-Louis Lions, Rama Cont ou Georges Papanicolaou, se sont lancés bravement dans l' aventure de la modélisation globale en utilisant, notamment, la théorie des jeux à champ moyen ou celle des réseaux pour la modélisation des flux monétaires interbancaires. Mais on est loin d'une solution générale. De plus, il faut avoir une connaissance des transactions bancaires et disposer d'hypothèses solides sur le comportement économique d'acteurs (vous et moi) difficilement accessibles.

En bref, que les premiers modèles pour les produits dérivés soient mauvais parce que trop idéalistes, c'est certain ; qu'ils s'améliorent avec l'expérience, c'est certain aussi. Il n'empêche qu'il faudra tout de même rester méfiant. D'abord parce que si une meilleure prédictibilité nécessite de disposer de modèles globaux, « systémiques », on se heurtera toujours au fait que les comportements sociaux sont difficiles à anticiper. Ensuite, si la modélisation, la réorganisation et la régulation du système financier sont les trois espoirs de stabilité, rien ne dit que les contrôles mis en place auront raison de l'énergie déployée par les acteurs économiques pour les contourner. Le manque d'éthique n'étant que faiblement puni par la loi, il faut garder à l'esprit que l'argent est « liquide » et qu'il convient de prévoir les effets des nouvelles réglementations avant leur mise en place. Ainsi la taxe Tobin sur les transactions boursières, appliquée en France depuis peu, a des effets secondaires inattendus que certains modèles pouvaient prévoir, comme la baisse de liquidité de marché, le désintérêt des investisseurs pour les valeurs françaises et le report des activités sur les produits dérivés. ■



## Des modèles soumis à la dure épreuve du réel

**I**l y a cinquante ans, il se disait parfois que la gestion bancaire se résume à un mélange de bon sens associé à la pratique de la règle de trois. Les formules les plus complexes des cours de finance étaient ceux des calculs de taux actuariels par sommes géométriques. Si bien qu'on pouvait devenir banquier en ignorant le calcul des probabilités... Mais cette époque, où les fils de famille en mal d'études étaient orientés vers le monde bancaire, est depuis longtemps révolue.

Aujourd'hui, personne ne s'étonne de la technicité des méthodes de discrimination par scores (credit-scoring) qui permettent d'accorder en un instant un prêt de consommation, en réduisant à presque rien les défauts de paiement. On trouve normal que les assurances arrivent à définir un juste prix pour leurs primes, ce qui permet de faire circuler des millions de véhicules en sécurité, aussi bien du point de vue des atteintes aux personnes que sur le plan financier. S'il n'y avait pas de



**Paul Deheuvels**

STATISTICIEN,  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE  
DES SCIENCES

mathématiques pour évaluer les risques, le moindre accident se terminerait en catastrophe économique.

L'utilisation de mathématiques en finance n'est pas nouvelle. Louis Bachelier (1870-1946), fut le premier à utiliser le mouvement brownien comme modèle de variation des cours de Bourse, dans sa thèse, intitulée *Théorie*

de la spéculation, soutenue en 1900. Il s'agit d'un mouvement de fond, qui s'est précipité durant les vingt dernières années. Le simple fait que plus de la moitié des transactions boursières procèdent de systèmes informatiques d'achat et de vente à la milliseconde (high-frequency trading), gouvernés par des algorithmes automatiques visant à glaner des bénéfices secondaires à partir des oscillations de cours, en est un exemple. Ce phénomène a plusieurs caractéristiques qui l'importe de comprendre.

On peut constater, tout d'abord, qu'il y a pléthore de modèles mathématiques concurrents pour interpréter les marchés financiers. Au mieux, ils ne donnent que des approximations grossières de la réalité. Ensuite, force est de reconnaître que les mathématiciens sont toujours en retard par rapport à leurs applications : on sait bien que certains modèles sont faux, mais on continue à les utiliser, faute de mieux.

Dans un tel cadre, on voit se répéter en boucle le scénario suivant. Les mathématiciens de la finance appliquent des modèles, croient en leur fiabilité, et créent une avalanche de pertes lorsque la réalité sort des rails sur lesquels ils ont prétendu la faire rouler. La bonne pratique de la banque devrait se concevoir comme une confrontation constante entre les faits et la représentation qu'on cherche à en faire par des modèles. La statistique devrait aussi être davantage utilisée pour ajuster les dits modèles à la réalité, mais ceci demeure un vœu pieux.

## Des apprentis sorciers

Un autre phénomène entre en compte : tous les dix ans, la progresse de la science sont tels qu'une nouvelle génération de spécialistes arrive, armée de techniques que ses aînés maîtrisent mal, du fait même qu'ils ne les ont pas étudiées. Le désastre survient, lorsque de jeunes financiers sont supervisés par une hiérarchie techniquement dépassée.

À l'évidence, les apprentis sorciers de la finance existent. L'usage intensif du calcul stochastique (analyse de phénomènes aléatoires distribués dans le temps) qu'ils ne pratiquent pas toujours à bon escient, leur permet d'agir dans l'opacité, en multipliant les erreurs graves, sous le couvert d'une hiérarchie pas toujours aussi compétente qu'il le faudrait. À la fin, on demande à ceux qui ne sont pour rien dans leurs erreurs de payer l'addition. À qui la faute ? Il conviendrait de graver dans le marbre un principe et un vœu pour sortir le monde de la finance de son irresponsabilité constante : primo les mathématiciens ne sont pas la réalité ; secundo, les erreurs devraient toujours être sanctionnées à la hauteur de leurs coûts.

Les mathématiques financières ont encore beaucoup de progrès à faire. Celles qui existent aujourd'hui sont parfois mal appliquées. Tant que ces raisons seront conjuguées, en finance, le Capitole demeurera proche de la roche Tarpéenne. ■