

SECTION GESTION DU RISQUE Institut canadien des actuaires  
 Casualty Actuarial Society  
 Society of Actuaries

# • Gestion du risque



## NOTE DE LA RÉDACTION

- 3 **Une couverture toujours plus grande**  
 par Sim Segal

## MOT DU PRÉSIDENT

- 4 **Perception du risque et réponse à la crise**  
 par Don Mango

## GÉNÉRAL

- 6 **La crise financière : causes et remèdes**  
 par Ira Robbin

## IDENTIFICATION DES RISQUES

- 8 **Signes avant-coureurs de l'émergence de nouveaux risques**  
 par Neil Cantle et Neil Allan

## QUANTIFICATION DES RISQUES

- 14 **Modélisation du comportement des extrémités des ailes de distribution selon la théorie des valeurs extrêmes**  
 par Damon Levine
- 19 **Mise en œuvre de portefeuilles de réplication**  
 par Andrew Ng
- 22 **Le manifeste des spécialistes de la modélisation financière**  
 par Emanuel Derman et Paul Wilmott

## RÉACTION À L'ÉGARD DES RISQUES

- 25 **Tarification en fonction du risque – Gestion du risque aux points de vente**  
 par Dominique Lebel
- 29 **La gestion des risques des contrats de rente à capital variable au moyen de la création de produits innovants**  
 par Xiaokai Shi et Yungui Hu
- 33 **Établissement du prix des garanties de retrait minimum au moyen de la méthode dite du titulaire rationnel**  
 par Lloyd Foster

## CULTURE DU RISQUE ET DIVULGATION DES RISQUES

- 40 **La communication d'informations sur les risques et la crise du crédit**  
 par Parr Schoolman
- 45 **Une mauvaise culture peut-elle tuer une entreprise?**  
 par Stephen W. Hiemstra

# Gestion du risque

Revue 17 • Septembre 2009

Publié par la  
Society of Actuaries

Ce communiqué est gratuit pour  
les membres de la section.

## SECTION 2008-2009 DIRIGEANTS

### Rédacteur

Sim Segal  
courriel : sim.segal@watsonwyatt.com

### Rédacteurs adjoints

Steven Craighead  
courriel : steven.craighead@towersperrin.com

### Membres du conseil

Donald Mango, FCAS, MAAA  
Matthew Clark, FSA, MAAA  
David Gilliland, FSA, FICA, MAAA  
Todd Henderson, FSA, CERA, MAAA  
Steven Craighead, ASA, MAAA  
A. David Cummings, FCAS, MAAA  
B. John Manistre, FSA, CERA, FICA, MAAA  
Henry M. McMillan, FSA, CERA, MAAA  
Larry H. Rubin, FSA, FCA, MAAA  
Barbara Snyder, FSA, FCA, MAAA  
Michael P. Stramaglia, FSA, FICA  
Judy Ying Shuen Wong, FSA, MAAA

### Personnes à contacter à la Society

Kathryn Baker, adjointe, rédaction  
courriel : kbaker@soa.org  
Robert Wolf, directeur, services aux sections  
courriel : rwolf@soa.org  
SueMartz, spécialiste de soutien aux sections  
courriel : smartz@soa.org

Beat Studios, conception

Les opinions exprimées sont celles de l'auteur  
et ne peuvent être attribuées à la Society of  
Actuaries, à ses comités, à la Section de la  
gestion des risques ou à l'employeur de l'auteur.  
Nous nous empresserons de corriger toute  
erreur qui sera portée à notre attention.

© 2009 Society of Actuaries. Tous droits réservés.

## SECTION GESTION DU RISQUE

Institut canadien des actuaires  
Casualty Actuarial Society  
Society of Actuaries

## ARTICLES DEMANDÉS POUR LA REVUE GESTION DU RISQUE

Votre concours et votre participation sont  
nécessaires et bienvenus. Tous les articles  
seront accompagnés d'une signature afin  
que vous en retiriez toute la reconnaissance  
que vous méritez pour vos efforts. Pour  
soumettre un article, veuillez communiquer  
avec Sim Segal, rédacteur, à [sim.segal@  
watsonwyatt.com](mailto:sim.segal@watsonwyatt.com).

Prochain numéro de *Gestion du risque* :

| DATE DE PUBLICATION | DATE DE TOMBÉE                |
|---------------------|-------------------------------|
| Décembre 2009       | 1 <sup>er</sup> octobre 2009  |
| Mars 2010           | 1 <sup>er</sup> décembre 2009 |

### FORMAT DES ARTICLES

Dans le but de favoriser l'efficacité quant à  
la manipulation des articles, veuillez utiliser  
le format suivant :

- document en format Word
- longueur de l'article : 500 à 2 000 mots
- photo de l'auteur (la qualité doit être 300 ppp)
- nom, titre, société, ville, état et courriel
- une citation mise en œuvre (phrase ou portion de phrase) pour chaque tranche de 500 mots
- Times New Roman, police 10 points
- fichier PowerPoint ou Excel original pour les éléments complexes

Si vous devez soumettre vos articles par  
un autre moyen, veuillez vous adresser à  
Kathryn Baker, à la Society of Actuaries en  
composant le (847) 706-3501.

Veuillez faire parvenir une copie  
électronique de votre article à :

### Andrew Rippert, FCAS, MAAA

Milliman  
Tél : 617.584.4979 (bureau É.-U.)  
Tél : +44 (0)20 7847 1509 (bureau R.-U.)  
e: [andrew.rippert@milliman.com](mailto:andrew.rippert@milliman.com)

# Une couverture toujours plus grande

par Sim Segal

**L'AN DERNIER**, lorsque j'ai assumé la fonction de rédacteur en chef de la publication *Gestion du risque*, nous nous sommes fixé comme objectif d'augmenter le contenu portant sur la gestion du risque d'entreprise (GRE). Nous avons établi cinq catégories de sujets et nous nous sommes engagés à vous présenter, dans chaque numéro, au moins un article portant sur chacune de ces cinq catégories. Et nous avons réussi. Le présent numéro constitue la quatrième édition trimestrielle qui respecte cet engagement. Plus important encore, vos commentaires se sont avérés jusqu'ici très positifs. De plus, la SOA a adopté notre démarche à titre de pratique exemplaire pour d'autres publications.

Afin de continuer à vous présenter une diversité de points de vue, nous sommes à apporter d'autres modifications. D'abord, maintenant que j'ai complété le mandat dont j'avais imposé la limite à un an, nous avons choisi un nouveau rédacteur en chef en la personne d'Andrew Rippert, à qui je vous demande d'assurer un soutien aussi généreux que celui que vous m'avez accordé. Nous instaurons également un comité formé de trois rédacteurs adjoints afin d'assurer la représentation de chaque organisme parrain de la Section conjointe de la gestion du risque (SCGR), soit la Casualty Actuarial Society (CAS), l'Institut canadien des actuaires (ICA) et la Society of Actuaries (SOA). Steve Craighead continuera de représenter la SOA (merci, Steve, de ton apport soutenu et inestimable). Mohammed Ashab se joindra à Steve à titre de représentant de la CAS. Au moment de mettre sous presse, nous sommes toujours à la recherche d'un représentant de l'ICA.

Dans le cadre de mon dernier acte officiel à titre de rédacteur en chef, je suis heureux d'annoncer le nom du gagnant du meilleur article dans l'une des catégories de sujets admissibles (identification des risques; réaction à l'égard des risques; culture du risque et divulgation des risques). Veuillez vous joindre à moi pour féliciter David Cummings pour son article *En matière de communication des risques, la qualité de la présentation importe*, publié dans notre numéro de juin 2009. David, nous vous ferons parvenir un chèque de 500 \$.

J'ai vraiment adoré m'occuper de cette publication au cours de la dernière année. J'espère que votre plaisir à la lire fut tout aussi grand. Poursuivez maintenant votre lecture et profitez du présent numéro. Si vous en avez l'occasion, veuillez me transmettre par courriel tout commentaire éventuel et envisager l'idée de rédiger votre propre article en vue de sa publication dans nos pages.



Sim Segal, FSA, CERA, MAAA, est le responsable américain des services de GRE auprès de Watson Wyatt Insurance, Inc. à New York (NY). On peut le joindre à [sim.segal@watsonwyatt.com](mailto:sim.segal@watsonwyatt.com).

# Perception du risque et réponse à la crise

par Don Mango

**JUSQU'À PRÉSENT**, en ce qui a trait à leurs stratégies de GRE, les actuaires se sont tournés vers d'autres spécialistes du risque qui exercent dans le domaine financier, et plus particulièrement dans le secteur bancaire. Cela était logique puisque la nature des risques et les techniques employées semblaient largement comparables. Toutefois, au fur et à mesure qu'ils s'enfoncent profondément dans l'univers de la gestion du risque, ils découvrent l'importance que revêtent des champs relativement inexplorés comme la perception du risque et la communication. Il devient clair qu'il existe des spécialistes du risque en mesure de nous aider; il nous faut seulement élargir nos recherches.

C'est lors de mes recherches sur la perception du risque que je suis tombé sur la revue *Risk Analysis*, que je reçois en tant que membre de la Society for Risk Analysis (SRA). On

peut lire ce qui suit à la page d'accueil ([www.sra.org](http://www.sra.org)) de la Society :

[Traduction]  
*La Society for Risk Analysis (SRA) se veut une tribune libre pour les per-*

*sonnes s'intéressant à l'analyse des risques. Dans son sens large, celle-ci englobe des activités telles que l'évaluation, la caractérisation, la communication et la gestion des risques et l'établissement de politiques en la matière. La Society s'intéresse notamment aux risques à la santé humaine et à l'environnement, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique. Elle analyse les menaces liées aux agents physiques, chimiques et biologiques ainsi que celles découlant d'un éventail d'activités humaines et de phénomènes naturels. Elle examine les risques qui menacent les personnes, les entreprises des secteurs public et privé, de même que la société à divers niveaux géographiques. Ses membres œuvrent dans diverses disciplines et dans divers pays.*

Un grand nombre d'articles publiés dans la revue de la SRA font mention de l'article de Paul Slovic paru en 1987<sup>1</sup>, qui semble être l'article fondamental en matière de perception du risque. Slovic y examine les opinions des gens à qui on a demandé d'évaluer des activités et des technologies à risque

– bref, il a analysé leur perception du risque et leur réaction face à celui-ci. Slovic met en évidence deux facteurs ou deux dimensions importantes de la perception du risque, à savoir la « terreur » et l'« inconnu ». La dimension « terreur » repose sur le caractère potentiellement incontrôlable, catastrophique et fatal des risques ainsi que sur la répartition inégale des risques et des avantages. Les risques inconnus sont inobservables, nouveaux et leurs effets néfastes sont différés. Selon certaines recherches, la perception du risque et les attitudes des profanes dépendent étroitement de l'endroit où se situe le risque dans cet espace factoriel. De plus, il semble que la dimension « terreur » des risques soit le facteur le plus important.

## EFFETS DES CRISES

Les analyses des risques d'événements graves (p. ex., accidents industriels, déversements de polluants, rappels de produits) sont souvent axées sur les pertes humaines et matérielles immédiates. Or, ces événements ont des répercussions à long terme qui entraînent des coûts indirects importants, y compris des coûts non pécuniaires. Par exemple, un accident mettant en cause une entreprise œuvrant dans un secteur particulier peut avoir des effets défavorables sur l'ensemble des autres entreprises du secteur. Cette forme de dispersion du risque d'atteinte à la réputation s'est produite lors de la crise financière de 2008, lorsque la stabilité des banques a été remise en question à la suite de la faillite de Bear Stearns et de Lehman Brothers. Le degré de dispersion ou les effets d'entraînement ont moins trait aux dommages matériels qu'à la portée des événements, c'est-à-dire aux conséquences des incidents à l'égard des choses inconnues et redoutées. Les incidents de Three Mile Island, de Bhopal et du 11 septembre en sont des exemples frappants. Slovic traite de l'incident de Three Mile Island qui, malgré l'absence de décès et le nombre peu élevé ou nul de cas de cancer latents, a néanmoins engendré d'énormes répercussions réglementaires et sociales pour l'industrie électronucléaire, notamment une réglementation draconienne et une atteinte permanente à la réputation qui ne concorde pas avec les preuves scientifiques concernant la sûreté de l'énergie électronucléaire. Selon Slovic :

[Traduction]

*Cela peut même avoir eu un effet défavorable sur la perception des gens à l'égard d'autres technologies complexes telles que la fabrication de produits chimiques*

<sup>1</sup> Slovic, Paul S. « Perception of Risk », *Science*, nouvelle série, vol. 236, n° 4799, 17 avril 1987, p. 280-285.

*et le génie génétique. L'important est de retenir que les analyses économiques traditionnelles ont tendance à ne pas tenir compte des effets de second ordre, sous-estimant ainsi de façon importante les coûts qu'engendrent certains types d'événements.*

Sur le plan de la portée et des retombées, on ne saurait exagérer les répercussions du 11 septembre. Les dimensions de la « terreur » et de l'« inconnu » susmentionnées nous permettent de mettre dans son contexte la réaction suscitée à l'échelle mondiale : un réseau ennemi secret, comme nous n'en avons jamais vu auparavant, capable de faire des ravages au moyen d'explosifs classiques, d'avions, du bacille du charbon ou de bombes sales (du jamais vu!), nous a mis dans un état de choc chronique. Nous avons ainsi rationalisé le sacrifice des libertés individuelles et des droits civils à la surveillance accrue dont on nous a dit qu'elle était nécessaire pour lutter contre ces ennemis (se reporter au *Patriot Act*). Imaginez quel fut l'état d'esprit collectif du peuple américain pour qu'il accepte pareil renoncement à ses droits constitutionnels. Voilà quelle était à ce moment-là la perception du risque à l'échelle nationale.

## RÉPONSE AUX CRISES

Les spécialistes de la gestion du risque peuvent utiliser les résultats de ces recherches afin de prévoir la réaction du public en cas de crise et de formuler des stratégies de communication efficaces. Dans le cas des institutions financières opaques comme les sociétés d'assurances, le besoin le plus urgent, en cette période d'après-crise, consiste peut-être à regagner la confiance du public. Dans un article de la SRA paru en 2009 et qui tombe à point nommé, Timothy C. Earle établit une distinction entre la dimension subjective et la dimension objective de la confiance :

*La confiance subjective est de nature sociale ou relationnelle, tandis que la confiance objective est de nature instrumentale et calculatrice. La confiance subjective se définit comme étant la volonté, dans l'espoir d'obtenir quelque avantage, de se placer dans un état de dépendance par rapport à autrui en se fondant sur un sentiment de communauté d'intentions ou de valeurs. La confiance objective est la conviction, à la lumière de l'expérience ou de faits probants (des résultats anté-*

*rieurs, par exemple), que certains événements vont se produire comme prévu.*

La confiance subjective se fonde sur la notion de valeurs ou de motivations communes – l'appartenance à un groupe, une réputation à défendre ou une marque à protéger. Elle est plutôt de nature émotionnelle et intuitive et ne requiert pas de démonstrations particulières. Elle est un puissant atout qu'il est possible d'établir en peu de temps. Lorsque le degré de confiance subjective est élevé, l'information potentiellement préjudiciable peut être considérée comme étant sans importance, voire positive – l'entreprise en question se verra accorder le bénéfice du doute et l'incident ne sera probablement pas pris au sérieux, car il n'est pas révélateur ou porteur de plus grandes menaces à venir.

La confiance objective, en revanche, est rationnelle et scientifique et se fonde sur des résultats antérieurs probants, et elle s'accompagne de processus et de procédures visant à empêcher la survenance d'incidents faisant l'effet d'une bombe. Elle s'appuie sur des faits et elle est précise et détaillée, ce qui la rend difficile à établir; fragile, elle est donc facile à perdre. En l'absence d'une confiance objective, l'information potentiellement préjudiciable peut être interprétée de manière négative, c'est-à-dire comme étant révélatrice d'autres problèmes à venir.

À l'évidence, il s'agit là d'un excellent sujet de recherche. Voici des points importants à l'intention des spécialistes de la gestion du risque :

- les perceptions à l'égard du risque sont complexes et subjectives;
- ces perceptions sont fonction de la confiance subjective et objective, lesquelles jouent un rôle déterminant dans l'établissement de la réputation et s'acquièrent en période d'accalmie; en période de crise, elles peuvent être mises à profit;
- les interprétations d'après-crise de la viabilité à long terme des entreprises peuvent produire des retombées et être révélatrices de nouveaux problèmes;
- la communication rapide et efficace d'une réponse à la suite d'une crise, qui se fonde sur une connaissance des variables psychologiques en cause, peut réduire les dommages éventuels. ♦

<sup>2</sup> Earle, Timothy C. « Trust, Confidence, and the 2008 Global Financial Crisis », *Risk Analysis*, vol. 29, n° 6, 2009, p. 785-792.

# La crise financière : causes et remèdes

par Ira Robbin

*Note de la rédaction : Cet article est tiré de la compilation d'essais intitulée Gestion des risques : La crise financière actuelle, les leçons tirées et les répercussions dans l'avenir.*

## POURQUOI TRAVERSONS-NOUS UNE CRISE FINANCIÈRE ET COMMENT S'Y PRENDRE POUR S'EN SORTIR?

Les causes de la crise peuvent être énoncées facilement : la confiance dans les évaluations au bilan est faible parce que trop d'actifs sont surévalués, trop de passifs sont sous-évalués, et trop d'information est cachée. La crise s'est répandue en raison d'un échec systématique du système de réglementation. Au cours des 20 dernières années, des règlements qui favorisaient la stabilité du marché ont été éliminés, et de nouveaux instruments financiers ont pu se propager sans supervision véritable.



**Ira Robbin, Ph.D.**, est premier vice-président et actuaire en chef de la tarification pour les États-Unis et Londres auprès de Endurance Worldwide Insurance, à New York (NY). On peut le joindre à [irobbin@enhinsurance.com](mailto:irobbin@enhinsurance.com).

Depuis la nuit des temps, les marchés traversent des périodes de prospérité et de crise. La volatilité des cycles est amplifiée par l'effet de levier et elle est atténuée par la transparence. La mise au point de nouveaux instruments financiers a préparé la

crise : ces instruments ont accru l'effet de levier tout en dissimulant l'ampleur du risque dans le système. Un symptôme révélateur de la crise réside dans le fait que les dirigeants de bon nombre d'institutions affirment avoir été surpris par l'ampleur du risque auquel leur entreprise a été confrontée : ils ne savaient pas qu'ils misaient gros dans le casino financier.

Il est important de démêler les mesures prises et de comprendre celles qui ont donné de bons résultats et celles qui n'ont pas été efficaces. Regardons d'abord les opérations de sauvetage. Elles ont été appliquées à un groupe privilégié d'institutions financières dont l'effondrement aurait pu mettre en péril le fonctionnement global du système financier mondial. Le coût des opérations de sauvetage a été énorme et il menace même de s'alourdir. L'arbitraire du mode d'exécution des opérations de sauvetage dans le secteur financier laisse entrevoir la possibilité d'une augmentation du nombre de ces opérations à bien des secteurs de l'économie, les pressions politiques et non l'efficacité financière devenant l'ultime facteur utilisé pour déterminer les bénéficiaires de ces opérations. Malgré l'énormité des coûts, le programme de sauvetage arbitraire d'entreprises financières n'a pas été efficace. Bien qu'il ait prévenu des crises immédiates et sauvé certaines entreprises de l'effondrement qui les guettait, ce programme n'a pas mis l'économie à l'abri de crises encore plus graves.

Les éléments de réussite se situent dans les efforts des banques centrales pour éviter un mouvement de panique vers les banques. En majorant l'assurance sur les dépôts bancaires avant qu'un mouvement de panique généralisé ne s'amorce, les banquiers du secteur public ont insufflé suffisamment de confiance dans le système qu'en général, les gens n'ont pas senti le besoin de retirer leur épargne et la dissimuler sous leurs matelas.

Les banques centrales ont déployé des efforts pour assurer la liquidité et elles ont administré des doses de stimulant monétaire. Elles ont abaissé les taux d'intérêt et injecté des fonds dans le système. Toutefois, ces stimulants n'ont pas encore permis d'enrayer le mouvement à la baisse. Pourquoi donc? Le problème comporte deux volets. D'une part, même si l'argent est disponible à de faibles taux, les banquiers hésitent à prêter à des emprunteurs de qualité douteuse, et un nombre croissant d'emprunteurs joignent cette catégorie à chaque jour. D'autre part, les consommateurs éparpillés ne réclament pas des emprunts à grands cris. Ils sont effrayés, car leurs épargnes 401k ont chuté et la valeur nette de leurs maisons est en chute libre. La crise financière a provoqué une récession générale dans l'ensemble de l'économie. Jusqu'à la reprise de la demande, les entreprises de bien des secteurs ont peu de raisons d'emprunter pour financer l'agrandissement d'usines et l'acquisition de matériel. Bref, à eux seuls, les stimulants financiers ne suffisent pas à raviver la demande.

Mais comment se sortir de cette crise? Si notre diagnostic des causes est juste et si notre évaluation des mesures prises jusqu'à présent est exacte, il devient donc évident que la solution à nos problèmes économiques doit mettre l'accent sur deux objectifs principaux. D'abord, toutes les mesures raisonnables doivent être prises pour stabiliser et rétablir la demande. À cette fin, de vigoureux stimulants fiscaux doivent être appliqués. Le gouvernement fédéral doit envoyer de l'argent aux États et aux administrations locales pour permettre aux policiers, aux pompiers, aux enseignants et aux bibliothécaires de conserver leurs emplois. Il doit accroître le nombre de membres des Forces armées. Il doit fournir des capitaux d'amorce pour financer un calendrier accéléré de construction de routes et de ponts, améliorer les installations portuaires et effectuer des investissements stratégiques dans le domaine de l'énergie. Il doit prêter des sommes aux constructeurs automobiles et à d'autres entreprises industrielles qui donnent de l'emploi à des foules de gens. L'assurance chômage doit être davantage élargie. Tout ce qui a un effet multiplicateur qui favorisera la demande et abaissera le chômage doit être envisagé.

Le deuxième objectif important consiste à provoquer une réévaluation exacte, voire conservatrice, de tous les bilans

et d'imposer de rigoureuses exigences de capital aux institutions financières. Cette mesure entraînera vraisemblablement la faillite de nombreuses grandes sociétés. Mais c'est ce qu'il faut. Le crédit reprendra sa place lorsque tous les participants seront assurés de la valeur nette des autres intervenants sur le marché.

Le gouvernement fédéral devrait mettre un terme au sauvetage d'institutions financières, car il s'agit de gaspillage de deniers publics. Il ne doit définitivement pas acquérir de participations dans ces entreprises. Il en découle de la confusion sur le marché au sujet de la valeur nette des entreprises : sont-elles appuyées implicitement par le gouvernement? Cette mesure mine également la valeur d'autres entreprises financières qui ne bénéficient pas de l'aide de l'État.

Une partie du processus visant à garantir des évaluations adéquates consiste à imposer de rigoureux règlements et exigences de capital à des catégories entières de nouveaux instruments financiers. Un nouveau mécanisme financier qui semble masquer des risques ou accroître l'effet de levier doit être assujéti à ce traitement. En fait, la totalité de l'effet de levier et les risques cachés doivent être dévoilés, avant que nous fassions table rase et que nous recommencions à bâtir sur une assise solide et durable.

La philosophie qui sous-tend la réglementation de sociétés d'assurances IARD renferme un intéressant paradigme sur la façon dont une réévaluation globale pourrait être exécutée sans porter un coup fatal à l'économie. Lorsqu'une société d'assurances ne dispose pas de capitaux suffisants, elle s'expose à une saisie de la part des organismes de réglementation de l'État même si, au plan technique, elle n'est pas en faillite. Les autorités de l'État empêchent la société de souscrire de nouvelles polices et procèdent à sa liquidation. Ainsi, la société n'est plus en mesure d'accumuler des liquidités en souscrivant une tonne de polices sous-tarifées. Entre temps, les sinistrés ne se retrouvent pas avec des documents sans valeur; ils sont partiellement dédommagés par des fonds de garantie. Les réserves de ces fonds sont en partie reconstituées par les sommes recouvrées à partir des liquidations. Il existe une variante : la société est divisée en une nouvelle société qui souscrit les polices et l'ancienne société qui est liquidée.

L'approche de liquidation et de fonds de garantie représente une solution pour se sortir de la crise. Le gouvernement doit se saisir des sociétés financières faibles et procéder à leur liquidation. Il doit se porter garant d'une partie des obligations liées à leurs instruments financiers, les assumer à quelque 50 % de leur valeur ou à un taux préétabli. Le choix des instruments partiellement rachetés doit faire l'objet d'une



mûre réflexion. Dans l'ensemble, plutôt que d'investir dans AIG, de lui consentir des prêts et de racheter la totalité de ses swaps pour défaut de paiement, le gouvernement doit mettre les scellés aux portes, liquider l'entreprise, régler les contrats d'assurance ordinaires selon les règles des fonds de garantie en vigueur dans l'État, et assurer qu'il respectera 50 % de ses obligations financières d'assurance. Cette mesure pourrait être coordonnée avec les administrations étrangères de sorte que les titulaires de polices et les contreparties, où qu'elles se trouvent, seraient assujettis au même traitement difficile, mais non fatal.

Autre exemple : Fannie Mae et Freddie Mac devraient toutes deux être fractionnées en deux sociétés, une nouvelle et une ancienne. Les anciennes devraient être liquidées, et les nouvelles devraient être obligées d'exercer leurs activités en vertu de règles de prêt rigoureuses. La même approche peut être appliquée à tous les instruments par tranches et instruments dérivés qui s'imbriquent les uns aux autres dans l'économie. Le coût sera très élevé, mais au bout du compte, il en coûtera bien moins que pour ramener à la vie quelques entreprises à l'agonie et rembourser 100 % de leurs obligations financières douteuses.

Pour conclure, on ne demande pas une augmentation des mesures actuelles; plutôt que de sauver des entreprises financières faibles, nous devons les liquider. La valeur de tous les actifs douteux doit être réduite; et le plus tôt sera le mieux. Nous avons besoin d'une comptabilité exacte et transparente. Le gouvernement peut participer à cet effort pour remettre de l'ordre dans notre système comptable. Mais il doit cesser d'être un investisseur qui soutient des malades qui devraient être à la morgue. Il doit réglementer de façon conservatrice tous les instruments financiers. Il doit favoriser la liquidité et alimenter la demande. C'est ce qu'il faut faire pour sortir de la crise.

# Signes avant-coureurs de l'émergence de nouveaux risques

par Neil Cantle et Neil Allan

## INTRODUCTION

**ALORS QUE LES MARCHÉS DE PAR LE MONDE** se stabilisaient au lendemain de l'une des plus grandes crises économiques jamais enregistrée, les spécialistes du risque, comme vous le pensez bien, se sont beaucoup interrogés sur ce qui s'était produit. On a souvent fait remarquer que certaines personnes avaient été en mesure de reconstituer partiellement la trame de la crise, et même que certains avaient tiré le signal d'alarme. Cependant, très peu d'organisations ont pu fournir des preuves à l'appui de leurs accusations en se fondant sur leurs systèmes de gestion du risque, et encore moins ont acquis la conviction qu'il fallait prendre des mesures à la lumière des faits. Lorsque la plupart des systèmes traditionnels de gestion du risque ont commencé à mettre au jour les problèmes, il était bien trop tard pour empêcher l'inévitable effondrement qui s'est ensuivi.

Nous avons amorcé notre recherche sur les nouveaux risques il y a plus de six ans, avant la récente crise. Même à ce moment-là, nous ressentions une certaine gêne à l'égard du cadre assez simpliste de conceptualisation et de modélisation des « risques », plus particulièrement en ce qui concerne ceux qui naissent dans l'entreprise. Pour l'essentiel, les risques étaient considérés comme une sorte d'événement qui altère la capacité d'une entreprise de mener à bien ses objectifs. Les gestionnaires du risque ont donc mis au point une méthode déductive permettant de détecter les événements à l'origine des risques et ils ont cherché à éviter ces événements précurseurs.

Il s'agit d'un contexte qui s'écarte beaucoup du monde idéal en équilibre que prévoient la plupart des outils de gestion du risque. Les enseignements tirés de la science de la complexité nous ont appris une mauvaise nouvelle, à savoir que la vieille méthode d'évaluation et d'analyse des risques comportait des lacunes et qu'elle était fondamentalement incapable d'offrir une perspective globale.

Nos recherches donnent à penser que nous devons commencer à analyser les risques d'une autre manière. Dans l'entreprise, nous constatons que les risques ne sont pas des « événements », mais plutôt qu'ils tendent à émerger de façon continue au fil du temps selon un processus d'interactions complexes faisant intervenir plusieurs facteurs. Lorsque les gens parlent d'« un facteur de risque », nous l'interprétons comme signifiant que la procédure de gestion des risques nouveaux a amené l'entreprise au-delà d'un certain point tournant à partir duquel une suite inexorable d'événements en cascade s'est amorcée. Toutefois, le risque continuera d'évoluer même au-delà de ce seuil. Cette façon de voir les choses offre une meilleure perspective des risques d'entreprise.

Les risques d'entreprise sont rarement les mêmes d'une fois à l'autre et semblent émerger rapidement et de façon désordonnée en bout de ligne. En se fondant sur ce nouveau modèle de risque, nous pouvons faire appel à la science des systèmes complexes afin qu'elle nous donne certains des outils dont nous avons besoin pour comprendre ce qui se passe.

## PRÈS DU SEUIL CRITIQUE

L'étude de la « théorie des systèmes et de la pensée systémique » a évolué rapidement, en raison principalement de l'accroissement, à un coût raisonnable, de la puissance de calcul des ordinateurs, ce qui nous a permis de comprendre, du moins en partie, quelques-uns des secrets les mieux gardés de la nature. Les prévisions météorologiques en sont un exemple. En effet, les connaissances acquises par les scientifiques sur le fonctionnement des systèmes météorologiques leur permettent de faire des prévisions assez justes – même s'ils se trompent à l'occasion, il est certainement encore plus incroyable qu'ils puissent viser juste lorsque nous songeons à la complexité du temps à l'échelle du globe!

La présente étude s'intéresse à une catégorie particulière de systèmes, que l'on désigne sous le nom de « systèmes adaptatifs complexes », et plus particulièrement ceux dits



Neil Cantle est directeur principal et actuaire conseil au sein du cabinet Milliman à Londres (Royaume-Uni). On peut le joindre à [neil.cantle@milliman.com](mailto:neil.cantle@milliman.com).

## NON PAS LA SOMME DES PARTIES

Malgré l'évolution de la « gestion du risque » en « gestion du risque d'entreprise », les outils de gestion et de mesure des risques sont toujours essentiellement axés sur des types particuliers de risque qui sont ensuite « additionnés » à l'échelle de l'« entreprise ». C'est ce recours à l'agrégation des types de risque qui pose problème lorsqu'il s'agit d'analyser des risques complexes et interdépendants.

Nous sommes conscients que le secteur des services financiers est essentiellement axé sur les services et qu'il mise énormément sur les ressources humaines pour pouvoir réaliser ses

« Les systèmes fonctionnant selon un mode qui est près du seuil maximal tolérable sont très fragiles et susceptibles de s’effondrer si... »

« auto-organisés ». Les systèmes adaptatifs complexes possèdent des éléments qui sont reliés entre eux de manière à créer des boucles de rétroaction et qui peuvent changer au fil du temps. Ces systèmes présentent les propriétés de base suivantes :

- une finalité – leur évolution a pour but de faire en sorte qu’ils puissent occuper un créneau dans leur propre environnement;
- l’émergence – ils possèdent dans leur ensemble des propriétés que les éléments pris isolément n’ont pas;
- l’auto-organisation – leur structure et leur hiérarchie peuvent se former et se modifier de façon spontanée;
- des boucles de rétroactions interactives qui engendrent un comportement largement non linéaire;
- un seuil critique de complexité au-delà duquel ils peuvent s’effondrer ou devenir chaotiques.

Les systèmes faisant intervenir des personnes appartiennent presque toujours à cette catégorie en raison de la façon dont celles-ci interagissent et s’adaptent.

Tous les systèmes ont un certain degré de complexité qu’ils ne peuvent dépasser. Ce seuil maximal est fonction de la structure du système et de sa capacité opérationnelle ainsi que de l’environnement dans lequel il évolue. Les systèmes fonctionnant selon un mode qui est près du seuil maximal tolérable sont très fragiles et susceptibles de s’effondrer si le contexte opérationnel venait à changer un tant soit peu.

Dans le contexte de la gestion du risque, nous cherchons à examiner le seuil de complexité qu’une opération peut tolérer et à déterminer dans quelle mesure cette opération est près du seuil. En outre, nous voulons comprendre pourquoi les entreprises parviennent à certains degrés de complexité. Pour ce faire, il nous faut une combinaison d’outils.

### GESTION DES RISQUES

Si nous considérons les tâches à effectuer selon une procédure bien définie de gestion des risques, nous pouvons représenter ces tâches comme suit :

La direction a pour fonction de déterminer, le plus exactement possible, les risques auxquels l’entreprise fera face si elle met à exécution le plan d’activités. À la lumière de ces résultats, elle formule une hypothèse sur les risques qui devraient émerger au fil du temps et elle en fait un résumé à des fins de contrôle. Elle analyse les indicateurs clés relatifs aux risques

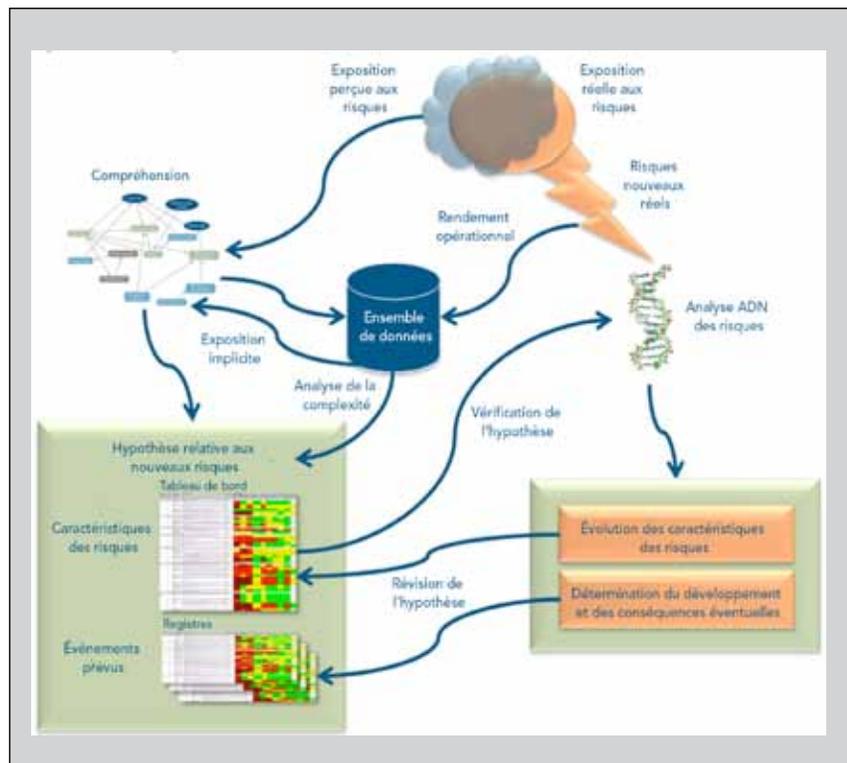
et au rendement opérationnel et elle guette les signes d’émergence de nouveaux risques afin de pouvoir vérifier et actualiser l’hypothèse. Ce cycle d’apprentissage devrait figurer au cœur de tout cadre de gestion des risques d’entreprise.

Les difficultés commencent d’entrée de jeu lorsqu’il s’agit de déterminer l’exposition aux risques. Nous avons élaboré des techniques fondées sur la cartographie cognitive afin d’acquérir des connaissances sur l’entreprise et de les organiser de manière à mettre au jour les éléments interconnectés et la dynamique de l’exposition aux risques. Ces techniques permettent de décrire très rapidement la façon dont la stratégie peut engendrer des risques.



Neil Allan est chercheur au Bristol Systems Centre à l’University of Bristol à Bristol (Royaume-Uni). On peut le joindre à [N.D.Allan@bath.ac.uk](mailto:N.D.Allan@bath.ac.uk).

Figure 1 : Procédure de gestion des risques



SUITE À LA PAGE 10

## Signes avant-coureurs ... | suite de la page 9

À partir de cette base solide, nous pouvons analyser et modéliser la dynamique de l'exposition aux risques afin de déterminer un ensemble de données fondamentales qui nous permettra de décrire le comportement du rendement de l'entreprise. L'analyse de l'exposition aux risques offre par ailleurs une plateforme solide à partir de laquelle nous pouvons créer les scénarios dont nous avons besoin pour peaufiner l'hypothèse au sujet de l'émergence des risques et de leurs causes.

Aux fins de la formulation de l'hypothèse, il importe de définir un point de comparaison relativement statique. Il ne suffit pas d'établir une liste des « 10 plus grandes préoccupations » comme principal mécanisme de rapport. Celui-ci donne de meilleurs résultats lorsqu'il présente une liste de caractéristiques faciles à contrôler et pouvant servir à classer par catégories les scénarios de risque. Par exemple, on commence habituellement par définir des catégories très générales d'usage courant telles que le risque stratégique, le risque de marché, le risque de crédit, le risque d'assurance et le risque opérationnel. Ces catégories peuvent être subdivisées davantage afin de prévoir des caractéristiques détaillées : risque de fraude, risque d'interruption des activités, risque d'une réglementation défavorable, etc. Cette liste, qui comporte de 20 à 30 éléments, forme essentiellement la liste des risques « ADN » d'une entreprise.

Nous utilisons ensuite une série de registres de risques afin d'établir des scénarios plausibles, lesquels peuvent regrouper certaines de ces caractéristiques dans des situations réelles pouvant faire tort à l'entreprise. Le choix des scénarios sera plus facile si l'on possède d'entrée de jeu une bonne connaissance de l'exposition aux risques. Si nous tenons compte des liens existant entre les divers scénarios dans les registres des risques, nous pouvons également déterminer lesquels des scénarios semblent les plus importants.

Une fois défini l'ensemble de données fondamentales, la direction peut commencer à chercher les éléments permettant de déterminer si l'entreprise est fragile ou en bonne santé. Tout d'abord, nous pouvons utiliser une mesure simplifiée de complexité appelée l'« incertitude du système ». Selon la théorie de l'information, la quantité d'information relative à un événement  $x$  est égal à  $-\log p(x)$ , où  $p$  est la probabilité de l'événement  $x$ , qui est l'information que nous cherchons. Nous examinons la quantité moyenne d'information relative aux variables de rendement de l'entreprise, ce qui revient à

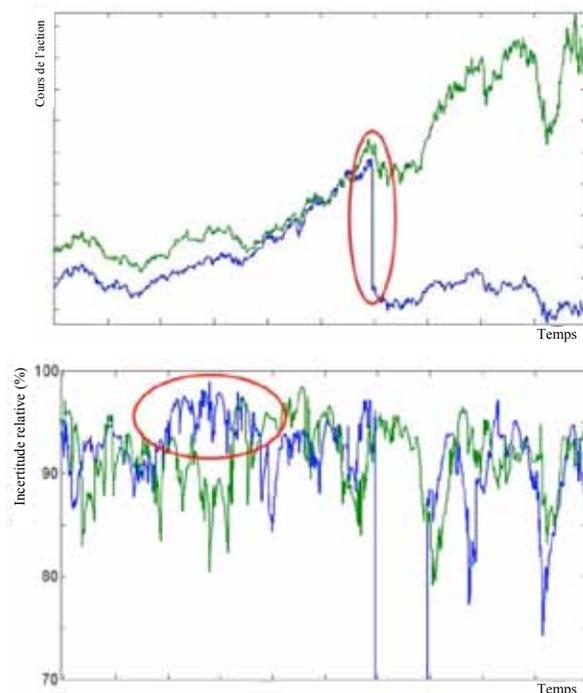
déterminer la quantité d'incertitude éliminée après avoir constaté le rendement réel de l'entreprise. Ainsi, si nous sommes certains de ce qui va se produire, nous n'apprenons rien en examinant la suite des événements et notre « incertitude » est donc nulle. Si, par contre, nous n'avons aucune idée de ce qui va arriver, notre « incertitude » est égale à 1.

Les entreprises doivent atteindre un certain degré de complexité pour pouvoir réaliser un bon rendement, mais une complexité trop élevée entraîne de l'instabilité. Vu que les systèmes complexes possèdent un seuil maximal critique de complexité au-delà duquel ils deviennent instables, nous sommes particulièrement intéressés à examiner la quantité réelle d'incertitude relative au rendement de l'entreprise, par rapport à ce seuil maximal. La direction cherche donc à maintenir un rendement pour lequel le degré d'incertitude suffit à permettre un bon rendement opérationnel, mais qui est inférieur au seuil.

## ÉCHO DES RISQUES

Le simple exemple qui suit (figure 2) porte sur deux banques dont les cours de l'action suivent une trajectoire semblable jusqu'à ce que l'un d'entre eux chute subitement. Même si nous

**Figure 2 : Utilisation de l'« incertitude » afin de détecter les problèmes en puissance**

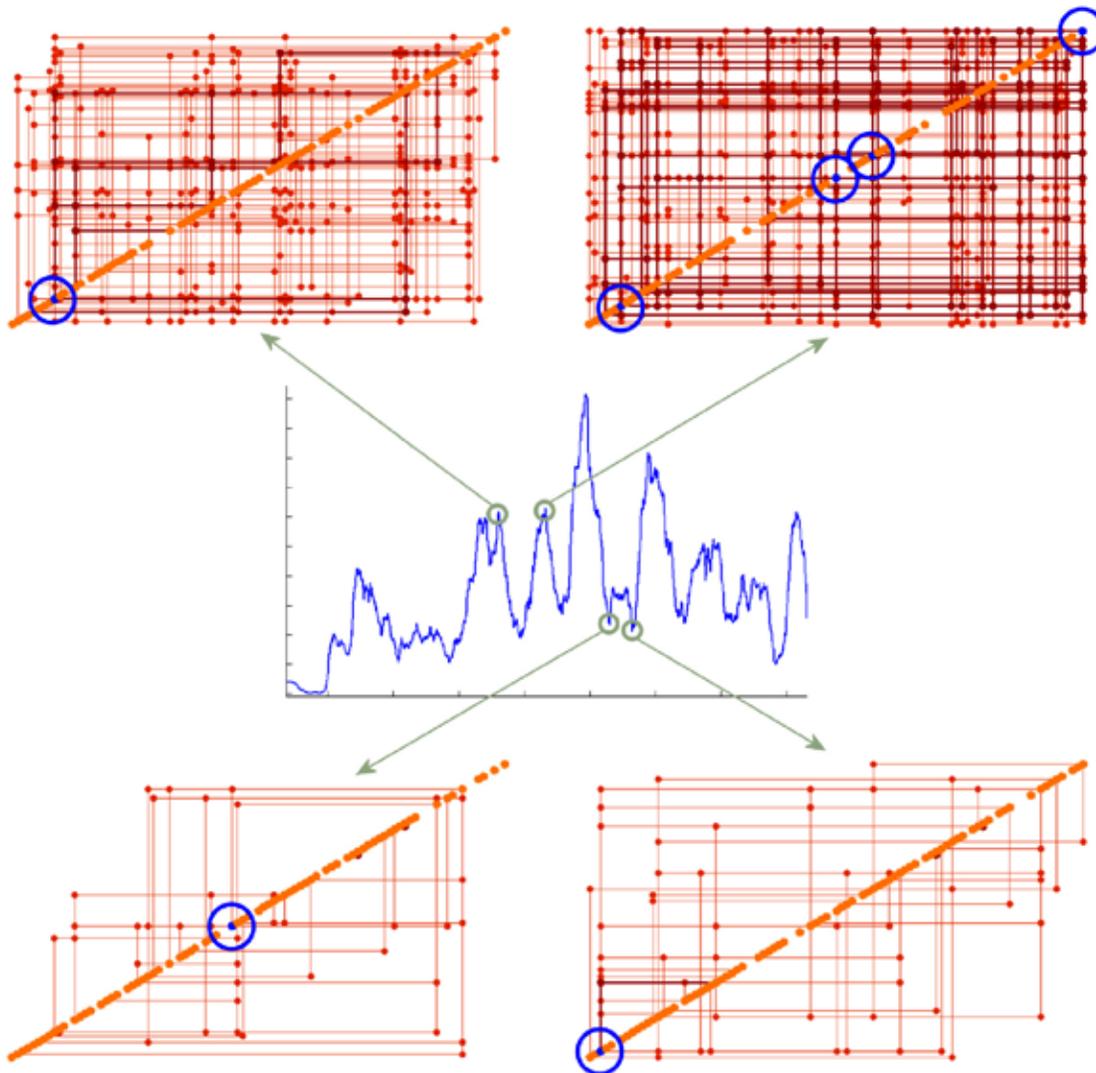


« ...la complexité du système nous permet donc de mieux comprendre et de mieux décrire l'exposition aux risques... »

n'examinons que les données relatives au cours des actions sur le plan de l'incertitude, nous pouvons constater qu'il existait des signes avant-coureurs d'effondrement quelque temps auparavant. La banque qui s'est effondrée commence subitement à fonctionner autour de 95 pour cent, un niveau auquel l'institution doit être très fragile et sensible aux perturbations, et elle reste à ce niveau pendant encore quelque temps. Par contre, l'autre banque atteint par brefs moments des niveaux élevés d'incertitude, mais sa direction semble pouvoir prendre des mesures afin de réduire l'incertitude avant que l'institution ne devienne instable.

En règle générale, la direction devra examiner beaucoup plus qu'une seule variable et elle pourra donc utiliser des mesures de complexité plus avancées afin de déterminer l'origine des problèmes en puissance. Les graphiques qui suivent (figure 3) indiquent la complexité d'un système particulier et ils tiennent compte de l'incertitude et des liens unissant les variables. Il convient de noter que ces « liens » ne sont pas des corrélations. Ils représentent le partage réel de l'information et sont donc beaucoup plus profonds que des corrélations, car ils nous renseignent sur le mode de fonctionnement réel des diverses relations dans l'entreprise, ce qui nous permet de mieux comprendre la structure et le rendement de l'institution. Le calcul

Figure 3 : Analyse de la structure d'un système pour mieux en comprendre la complexité



Signes avant-coureurs ... | suite de la page 11

a été effectué au moyen de DACORD™, un logiciel breveté appartenant à DRTS Limited.

Nous pouvons examiner la structure et la connectivité du système aux principaux points de variables (ceux-ci sont indiqués sur la diagonale, de même que les liens existant entre eux, qui indiquent le partage réel de l'information) et constater que les variables déterminantes du système (indiquées en bleu) changent au fil du temps, et que la façon dont elles sont liées aux autres variables change également. Il s'agit d'un fait très important dans le contexte de la compréhension des risques nouveaux. Les méthodes traditionnelles d'analyse des risques font appel à des modèles qualitatifs ou quantitatifs afin de bien comprendre le comportement de l'entreprise. La présente analyse indique que ces modèles doivent pouvoir évoluer assez fréquemment si leur but consiste à représenter vraiment ce qui se passe. Ce manque de correspondance entre les modèles traditionnels et la réalité explique les « surprises » qu'ont les personnes lorsque de nouveaux risques émergent – en fait, dans bien des cas, ces personnes n'examinent tout simplement pas les bonnes choses.

L'utilisation de méthodes fondées sur la complexité du système nous permet donc de mieux comprendre et de mieux décrire l'exposition aux risques, en tenant dûment compte de la nature

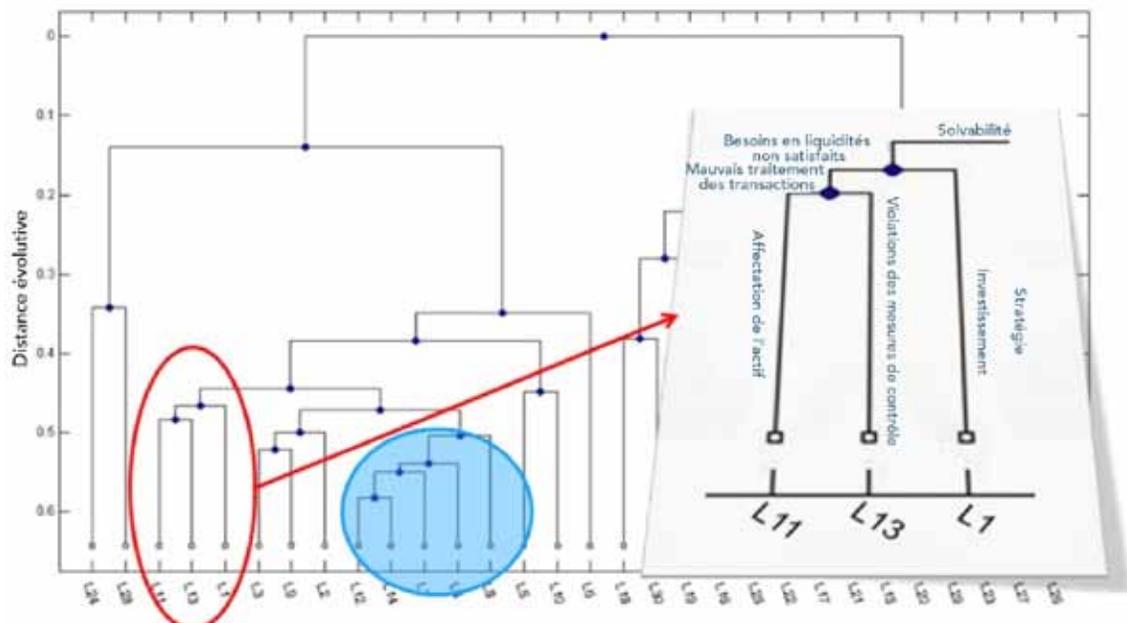
interdépendante de ses variables dynamiques. Elle nous permet également de déterminer de façon plus intelligente la valeur informative de nos données.

### ANALYSE ADN DES RISQUES

La prochaine activité instructive consiste à analyser les nouveaux risques qui émergent réellement. Même si nous avons réussi à éviter les risques, il est utile d'en apprendre davantage sur les risques auxquels notre entreprise fait face et de vérifier la validité de notre hypothèse.

Nous recueillons l'information sur les risques nouveaux dans un registre comportant une description du risque, une référence temporelle ainsi qu'une analyse de la combinaison de caractéristiques qui semble la plus appropriée pour chacun des risques. Nous procédons ensuite à une analyse ADN relativement à cette information afin de mieux comprendre la façon dont les risques évoluent dans l'entreprise et de déterminer les caractéristiques les plus susceptibles de s'unir et de créer de nouveaux risques pour l'entreprise. L'analyse s'effectue au moyen d'algorithmes cladistiques, qui classent les risques en fonction de leurs caractéristiques et cherchent la représentation la plus simple. En pratique, le calcul est complexe et s'effectue au moyen d'une procédure exclusive mise au point par les auteurs.

Figure 4 : Analyse des risques nouveaux en fonction de leurs caractéristiques



« En mesurant l'effort correspondant à diverses combinaisons, nous sommes mieux en mesure de déterminer lesquelles des nouvelles combinaisons de caractéristiques sont les plus plausibles... »

L'exemple qui précède (figure 4) indique le système cladistique de 30 enregistrements tirés de l'analyse d'un registre de risques nouveaux.

Le graphique se lit de haut en bas. Chacun des points de bifurcation représente un stade évolutif important lorsque les caractéristiques sont supprimées de la branche de risque située à droite ou sont ajoutées à celle-ci, mais non de celles de gauche. Par exemple, les risques L11 et L13 ont toujours des « Besoins en liquidités non satisfaits », alors que ce n'est pas le cas de L1.

Nous pouvons examiner l'analyse et chercher des régions d'évolution rapide qui, par exemple, donnent à penser que certaines caractéristiques ne sont pas contraintes et peuvent s'unir librement. Dans la figure ci-dessus, la région indiquée en bleu représente un tel groupe. Comme autre possibilité, nous pouvons examiner des régions où l'évolution est plus stable afin de bien comprendre certaines des caractéristiques fondamentales qui existent presque dans la culture de l'entreprise.

Comme c'est le cas de l'évolution biologique, il existe un « effort » correspondant au fait que les caractéristiques tentent de s'unir de diverses façons, et cet effort est représenté par la longueur de chacun des segments de branche. En mesurant l'effort correspondant à diverses combinaisons, nous sommes mieux en mesure de déterminer lesquelles des nouvelles combinaisons de caractéristiques sont les plus plausibles, compte tenu de la situation actuelle. Cette information permet de réévaluer l'hypothèse sur les risques et d'analyser les divers scénarios possibles.

## CONCLUSION

En résumé, nous savons que les risques, en tant que concept humain prenant naissance dans les organisations fondées sur des personnes, se comportent comme des systèmes adaptatifs complexes. C'est pourquoi la théorie de l'information nous donne des indications importantes qui nous aident à mieux comprendre les risques et à les gérer de façon efficace. Les systèmes complexes possèdent des propriétés particulières comme la hiérarchie, l'émergence, l'auto-organisation et la connectivité; mais, chose plus importante encore, ils obéissent aux lois de l'entropie. L'application de ces concepts à la gestion des risques nous permet notamment d'affirmer ce qui suit :

1. Les risques nouveaux constituent essentiellement la propriété émergente d'un système complexe.
2. Le passé est important. Le secteur de l'assurance en est déjà conscient, mais le fait de recourir à une méthode évolutive lui permettra de poser un nouveau regard sur la connectivité qui existe entre les divers éléments du système de risque d'une entreprise. Cette méthode permet de définir ce qui va se produire ensuite et elle offre une nouvelle façon de détecter les nouveaux risques et de déterminer leurs causes.
3. Le seuil critique de complexité, parfois désigné sous le nom de « bord du chaos », existe bel et bien. Les techniques susmentionnées constituent une méthode rigoureuse pour déterminer à quel moment une entreprise ou un sous-système est près de ce seuil et d'un éventuel effondrement.
4. Il est essentiel de comprendre la connectivité d'un système de risque si l'on veut bien comprendre la dynamique, la structure et la hiérarchie du système. Il importe de bien comprendre la façon d'explicitier ces liens à l'aide de données qualitatives et quantitatives, et nous avons cité plusieurs techniques éprouvées à l'appui.
5. Enfin, le risque systémique du secteur est essentiellement le résultat d'une somme de comportements de sous-systèmes comme les entreprises et les gens. La nature de leurs interactions peut entraîner l'auto-organisation, ce qui peut donner lieu à un comportement largement non linéaire. Les outils et les techniques mentionnés dans le présent article rendent possible la prévision et l'observation de la naissance des risques systémiques.

Les concepts susmentionnés sont bien documentés dans les revues scientifiques. Les techniques que nous avons élaborées au cours des six dernières années sont propres au domaine de la gestion du risque, mais elles se fondent sur des théories relevant des domaines de la physique, de la psychologie et des mathématiques. Le fait de bien décrire les risques et d'utiliser les bons outils nous permet de détecter tôt les signes avant-coureurs de l'émergence de nouveaux risques et de mieux comprendre ce qui se passe. ♦

# Modélisation du comportement des extrémités des ailes de distribution selon la théorie des valeurs extrêmes

par Damon Levine

## LACUNES DES MODÈLES

**L'UNE DES NOMBREUSES CHOSES** que la récente crise financière a produit est une longue liste de boucs émissaires. Les spécialistes aussi bien que les profanes ont, à divers degrés, rattaché la crise à diverses causes, depuis la cupidité et la vanité, jusqu'aux agences de notation et aux gouvernements, en passant par les régimes de primes offerts aux dirigeants qui recommandaient la prise de risque excessive. Bien entendu, ils ont également attribué la faute aux modèles de risque.



**Damon Levine, CFA**, est vice-président adjoint auprès d'Assurant Inc., à New York (NY). On peut le joindre à [damon.levine@assurant.com](mailto:damon.levine@assurant.com).

L'idée selon laquelle un modèle n'est pas censé reproduire la réalité ni avoir une grande capacité prédictive est tellement omniprésente qu'elle est presque un truisme. Cela étant dit, les modèles ont probablement joué un certain rôle dans l'effondrement du marché des prêts hypothécaires à risque et dans la crise financière générale qui s'en est suivie.

Peut-être le plus gros problème aura été le fait que, par nature, bon nombre des modèles ne pouvaient prévoir la possibilité d'observer des valeurs s'écartant fortement des valeurs aberrantes. Selon l'expression de Nassim Taleb, les modèles n'ont pas fourni d'information sur l'importance des éventuels « cygnes noirs ».

Dans l'idéal, la distribution statistique utilisée dans un modèle de risque devrait être bien ajustée aux données historiques, aussi bien dans la partie centrale de l'ensemble de données que dans l'extrémité. Mais elle ne devrait pas être « contrainte par les données historiques », et elle devrait utiliser plutôt les valeurs extrêmes observées antérieurement afin de produire de l'information sur la probabilité et la grandeur de valeurs *plus* extrêmes que celles constatées auparavant. Au milieu des années 1970, les fondements théoriques d'un pareil modèle ont été établis. Cette théorie permet de quantifier, de manière rigoureuse sur le plan statistique, les éventuels cygnes noirs que donnent à supposer les valeurs extrêmes historiques.

## THÉORIE DES VALEURS EXTRÊMES

La théorie des valeurs extrêmes (TVE) est une branche de la statistique qui s'intéresse aux écarts extrêmes par rapport à la médiane des distributions de probabilité. Dans des situations

très générales, les principaux résultats de la TVE permettent d'établir la distribution de la valeur maximale d'un échantillon ou la distribution des valeurs qui dépassent un certain seuil.

C'est à ce second résultat, que l'on désigne sous le nom de théorème de Pickands-Balkema-de Haan (PBH), auquel nous nous intéressons ici. Ce théorème définit la distribution des observations supérieures à un seuil élevé comme étant une distribution de Pareto généralisée.

Ce résultat est très utile, car il est applicable à un grand nombre de situations et il requiert un faible nombre d'hypothèses au sujet de la « vraie » distribution sous-jacente d'un ensemble quelconque de données.

## LA DISTRIBUTION DES EXCÈS

Pour un certain ensemble de données, nous choisissons un seuil élevé  $u$  pour lequel il existe plusieurs points de données supérieurs à  $u$ . À titre d'exemple, dans un ensemble de données comportant 1 000 montants de sinistres (en dollars), nous choisissons  $u$  comme étant le 95<sup>e</sup> centile et supposons qu'il existe 50 points de données supérieurs à  $u$ .

Pour chacun de ces 50 points,  $\{p_1, p_2, \dots, p_{50}\}$ , nous calculons l'excès par rapport à  $u$  :  $\{p_1-u, p_2-u, \dots, p_{50}-u\}$ . Ces excès peuvent être interprétés comme des observations aléatoires tirées d'une population ayant une certaine « distribution des excès » sous-jacente.

Selon le théorème de PBH, si le seuil  $u$  est suffisamment élevé, il existe une grande famille de distributions pour laquelle la distribution de Pareto généralisée constitue une bonne approximation de la distribution des excès par rapport à  $u$ .

La distribution de Pareto généralisée (DPG) peut s'exprimer comme une distribution à deux paramètres dont la fonction de répartition est définie par :

$$G_{s,k}(x) = 1 - (1 - kx/s)^{1/k} \text{ si } k \text{ est non nul, et } G_{s,k}(x) = 1 - \exp(-x/s) \text{ si } k=0$$

S'il existe une extrémité gauche ne comportant que des valeurs négatives qui sont inférieures à un certain seuil négatif situé bien en dessous de la médiane, nous pouvons appliquer le théorème de PBH en observant simplement les valeurs absolues. L'« excès » d'une observation située dans cette queue correspond à l'écart (positif) de l'observation par rapport au seuil. Cette notion sera appliquée dans l'exemple présenté plus loin.

« Peut-être le plus gros problème aura été le fait que bon nombre de modèles n'ont pas fourni d'information sur l'importance des éventuels cygnes noirs. »

**MODÉLISATION AU MOYEN D'UN MODÈLE HYBRIDE EMPIRIQUE FONDÉ SUR UNE DPG**

Soit  $F$  la « vraie » fonction de répartition sous-jacente de la totalité des montants de sinistres de l'exemple précédent. Nous supposons que l'ensemble des données observées est un échantillon aléatoire tiré d'une certaine population suivant une distribution statistique. Pour un certain seuil  $u$ , la fonction de répartition des excès, désignée par  $F_u(y)$  et ne prenant que des valeurs non négatives  $y$ , est définie par :

$$F_u(y) = P\{X - u \leq y \mid X > u\} = P\{\text{excès} \leq y \text{ sachant que la valeur aléatoire observée est supérieure à } u\}$$

Il importe de se rendre compte que cette fonction de répartition décrit la distribution de l'excès par rapport au seuil. Elle indique la probabilité que l'excès par rapport à  $u$ , de la valeur aléatoire observée supérieure à  $u$ , soit inférieure ou égale à  $y$ . Elle ne donne pas d'indication sur la grandeur de la valeur extrême proprement dite, mais il est facile de le faire en se servant de  $F_u$ .

Si  $x \geq u$  nous pouvons écrire :

$$F(x) = P\{X \leq x\} = (1 - P\{X \leq u\}) F_u(x-u) + P\{X \leq u\}^1$$

Maintenant,  $F_u$  peut être estimée par une certaine DPG, désignée par  $G_{s,k}$ , et  $P\{X \leq u\}$  peut être estimée à partir des données et au moyen de  $F_n(u)$ , qui est la distribution empirique évaluée au point  $u$ .<sup>2</sup> Si  $x \geq u$ , nous pouvons produire une approximation de  $F(x)$  :

$$F^*(x) = [1 - F_n(u)] G_{s,k}(x-u) + F_n(u)$$

Les deux paramètres de la distribution  $G_{s,k}$  peuvent être estimés au moyen de plusieurs méthodes, dont la méthode du maximum de vraisemblance et la méthode des moments, laquelle sera utilisée dans l'exemple présenté plus loin.

Une fonction de répartition modélisant l'ensemble de la distribution  $F$  sous-jacente peut être décrite comme un modèle hybride empirique fondé sur une DPG :

$$F(x) = F_n(x) \text{ si } x < u, \text{ et } F(x) = [1 - F_n(u)] G_{s,k}(x-u) + F_n(u) \text{ si } x \geq u$$

Il serait possible d'effectuer une simulation en considérant un nombre aléatoire  $r$ , compris dans l'intervalle  $(0,1)$ , comme

étant un centile de  $F(x)$ , c.-à-d. en utilisant l'application  $r \rightarrow F^{-1}(r)$ .

**LE CHOIX DU SEUIL**

En ce qui concerne le choix du seuil, il importe de bien comprendre certains des aspects théoriques du théorème de PBH. La formulation théorique du théorème comporte la notion de « point d'extrémité droit » d'une distribution  $F$ . Il s'agit de la plus petite valeur  $r$  pour laquelle la fonction de répartition, évaluée au point  $r$ , est égale à 1, c.-à-d.  $F(r) = 1$ . Dans bon nombre de cas,  $r$  est infinie.

Dans le cas présent, nous pouvons utiliser une version quelque peu simplifiée du théorème : dans le cas d'une grande famille de distributions, au fur et à mesure que le seuil  $u$  approche le point d'extrémité droit de  $F$ , la distribution des excès,  $F_u$  tend vers une DPG. La famille des distributions obéissant à ce théorème comprend toutes les distributions continues qu'emploient couramment les actuaires ou les statisticiens, par exemple, la loi normale, la loi log normale, la loi bêta, la loi exponentielle, la loi de Fischer, la loi gamma, la loi de Student et la loi uniforme<sup>3</sup>.

Aux fins de l'ajustement d'une distribution à un ensemble de données, il est préférable d'utiliser un grand nombre de points de données. Si nous choisissons une valeur de  $u$  peu élevée, nous pouvons nous attendre à ce qu'une grande quantité de points de données dépassent cette valeur, ce qui pourrait améliorer l'ajustement de la DPG.

Par contre, le théorème de PBH fonde ses résultats sur l'hypothèse que les seuils avoisinent le point d'extrémité droit de la distribution  $F$ , ce qui implique que la DPG devrait être mieux ajustée aux données lorsque le seuil  $u$  est relativement élevé.

Il faut donc trouver le juste milieu entre un seuil  $u$  suffisamment grand pour que le théorème soit applicable en pratique et un seuil  $u$  suffisamment petit pour qu'un nombre suffisant de points de données puissent servir à estimer les paramètres de la DPG.

Il n'existe pas de règle stricte permettant de choisir la « bonne » valeur du seuil. On trouvera quelques méthodes à ce sujet dans l'article de Bensalah intitulé *Steps in Applying Extreme Value Theory to Finance: A Review*<sup>4</sup>.

**EXEMPLE PORTANT SUR LA MODÉLISATION DE RENDEMENTS TOTAUX MENSUELS D'OBLIGATIONS DE SOCIÉTÉS, NOTÉES A, D'UNE DURÉE DE 7 À 10 ANS**

L'échantillon de données se compose des rendements totaux mensuels du portefeuille des obligations de sociétés compris dans l'indice Broad Investment Grade Bond de la Citibank, aux États-Unis. Ces obligations, notées A, ont une durée de 7 à 10 ans. Les données ont été extraites au moyen d'une application hébergée dans le *Yield Book* de la Citibank et consistent en des taux de rendement mensuels observés de janvier 1980 à août 2008.

Tableau I  
**Quelques centiles des rendements**

| Centile         | Rendement |
|-----------------|-----------|
| 99 <sup>e</sup> | 5,97%     |
| 90 <sup>e</sup> | 2,94%     |
| 80 <sup>e</sup> | 2,05%     |
| 70 <sup>e</sup> | 1,59%     |
| 60 <sup>e</sup> | 1,18%     |
| 50 <sup>e</sup> | 0,83%     |
| 40 <sup>e</sup> | 0,44%     |
| 30 <sup>e</sup> | -0,14%    |
| 20 <sup>e</sup> | -0,77%    |
| 10 <sup>e</sup> | -1,54%    |
| 5 <sup>e</sup>  | -2,33%    |
| 1 <sup>e</sup>  | -3,87%    |

Tableau II  
**Seuils possibles et valeur correspondante des estimations des paramètres de la DPG**

| Centile | Valeur des données brutes | Seuil possible*=<br>abs(rendement) | Nombre de rendements inférieurs au seuil** | Estimations des paramètres de la DPG |       |
|---------|---------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------|
|         |                           |                                    |  | s*                                   | k*    |
| 10e     | -1,54%                    | 1,54%                              | 35   | 0,01                                 | -0,12 |
| 8e      | -1,69%                    | 1,69%                              | 28   | 0,01                                 | -0,06 |
| 6e      | -1,93%                    | 1,93%                              | 21   | 0,01                                 | 0,03  |
| 5e      | -2,34%                    | 2,34%                              | 18   | 0,01                                 | -0,12 |
| 4e      | -2,52%                    | 2,52%                              | 14   | 0,01                                 | -0,07 |
| 3e      | -2,82%                    | 2,82%                              | 11   | 0,01                                 | -0,07 |

\*Il s'agit des seuils possibles situés dans la queue gauche de la distribution des rendements; dans tous les cas, la valeur des rendements, avant de prendre la valeur absolue, est négative.

\*\*P. ex., inférieur au 5<sup>e</sup> centile signifie inférieur à -2,33 % ou à un rendement négatif dont la valeur absolue est supérieure à 2,33 %.

L'ensemble de données se compose de 344 taux de rendement dont la valeur minimale est de -7,16 %, et la valeur maximale, de 10,84 %, selon les centiles indiqués dans le tableau 1.

Examinons les rendements situés dans l'extrémité gauche de la distribution; autrement dit, intéressons-nous aux rendements inférieurs à une certaine valeur peu élevée. Nous définissons le seuil  $u$  comme étant la valeur absolue d'un certain taux de rendement négatif et faible, et, en ce qui concerne les rendements inférieurs à  $u$ , nous définissons l'excès comme étant l'écart existant entre  $u$  et la valeur absolue de ces rendements. La question de l'application du théorème de PBH à l'extrémité gauche d'une distribution a été traitée dans la partie portant sur la distribution des excès.

Nous fixons la valeur de  $u$  à 1,54 %, soit la valeur correspondant au 10<sup>e</sup> centile, et nous produisons une approximation de la distribution des excès  $F_u$  au moyen d'une DPG de paramètres  $s$  et  $k$ . Nous déterminons ces paramètres au moyen de la méthode des moments<sup>5</sup>. On notera que les seuls rendements servant à estimer les paramètres de la DPG sont ceux qui dépassent le seuil.

Une fois déterminés le seuil et la paire correspondante de paramètres de la DPG, nous choisissons ensuite une valeur de  $u$  se situant plus loin dans l'extrémité gauche, ce qui nous permet de déterminer la paire de paramètres de la DPG correspondante. Ce processus se poursuivant, nous obtiendrons une suite de seuils possibles  $u_1, u_2, \dots$  au fur et à mesure que nous choisirons des valeurs de plus en plus éloignées dans l'extrémité de la distribution, qui se compose de piètres rendements.

« Ceux qui n'utilisent pas des méthodes bien fondées comme la TVE n'auront peut-être pas d'autres choix que de se fier uniquement à leur intuition imparfaite ou d'avoir recours, aux fins de l'ajustement, à des distributions susceptibles de produire des résultats gravement erronés. »

Notre choix du seuil s'arrêtera sur la première valeur possible à partir de laquelle les paramètres estimés de la DPG sont stables<sup>6</sup>. Si l'on ne constate aucune stabilité, c'est que l'ajustement d'une DPG aux données situées dans l'extrémité n'est sans doute pas réalisable en pratique. Commençons par choisir le 10<sup>e</sup> centile comme valeur de seuil possible. Les résultats sont résumés au tableau II.

Nous choisissons des seuils  $u$  de plus en plus élevés, et nous commençons à constater une stabilité dans les estimations des paramètres lorsque le seuil correspond à la valeur absolue du 4<sup>e</sup> centile de l'ensemble des données, ce qui en fait notre choix.

Nous pouvons donc, dans le cas des rendements inférieurs à -2,52 %, modéliser la distribution des écarts par rapport à ce seuil au moyen d'une DPG de paramètres  $s = 0,01$  et  $k = -0,07$ . La fonction de répartition peut donc s'exprimer comme suit :

$$G(x) = 1 - (1 + .07x/.01)^{1/-07} = 1 - (1+7x)^{-14.286} \text{ si } x > 0$$

À supposer que nous soyons intéressés à calculer la probabilité qu'un rendement mensuel soit inférieur à -5 %, sachant qu'il est inférieur à -2,52 %, ce qui revient à calculer la probabilité que l'excès soit supérieur ou égal à 2,48 % (soit 5 % - 2,52 %), laquelle est donnée par  $1 - G(2,48 \%) = 1 - 0,873 = 0,127$ . Il s'agit là, bien entendu, d'une probabilité conditionnelle. La probabilité inconditionnelle qu'un rendement mensuel soit inférieur à -5 % est égale à 0,127 multiplié par la probabilité de se trouver dans cette queue, ce qui donne  $0,127 \times 0,04$ , soit 0,005.

Il faut se rappeler que nous avons appliqué le théorème de PBH à l'extrémité gauche de la distribution. La fonction de répartition de la totalité de la distribution sous-jacente  $F$  peut donc s'exprimer comme un modèle hybride empirique fondé sur une DGP :

$$F(x) = F_n(x) \text{ si } x \geq u, \text{ et } F(x) = F_n(u) * [1-G(u-x)] \text{ si } x < u$$

## PRINCIPAUX RÉSULTATS DU MODÈLE

Le modèle indique que, *en ce qui concerne un rendement situé dans l'extrémité de la distribution*, la probabilité mensuelle que le rendement soit au moins inférieur de 8,29 % au seuil de -2,52 % (c.-à-d. inférieur ou égal à -10,81 %) est d'environ 0,001. La probabilité inconditionnelle est donc égale à  $0,001 \times 0,04$ , soit 0,00004. Comme il s'agit d'une probabilité mensuelle, la probabilité d'observer au cours d'une année un rendement inférieur ou égal à -10,81 % est

égale à  $1 - (1 - 0,00004)^{12}$ , soit 0,0048. Sur une période de 30 ans, la probabilité d'observer un rendement inférieur ou égal à -10,81 % est donnée par  $1 - (1 - 0,00004)^{30 \times 12}$ , soit 1,4 %.

Certes, cette probabilité n'est pas très élevée, mais, somme toute, il est ici question d'un cygne noir. En août 2008, la probabilité d'observer un rendement mensuel inférieur à -10,81 % était généralement considérée comme étant nulle. À ce moment-là, le pire rendement mensuel observé depuis 1980 avait été de -7,16 % et il s'était produit en février 1980! Les méthodes de la TVE nous permettent donc d'affirmer ce qui suit :

$P(\text{au moins un rendement mensuel } \leq -10,81 \% \text{ sur une période de 30 ans}) = 1,4 \%$

Quelle serait l'estimation de cette probabilité si nous avions ajusté une distribution normale aux données? La moyenne et l'écart-type de l'échantillon égalent, respectivement, 0,77 % et 1,98 %, et il est question ici d'un rendement de -10,81 %, ce qui correspond à une valeur  $Z$  de -5,858 et à une probabilité de  $2,34 \times 10^{-9}$ . Il s'ensuit que, dans le cas d'un ajustement par la loi normale :

$P_{\text{NORM}}(\text{au moins un rendement mensuel } \leq -10,81 \% \text{ sur une période de 30 ans}) = 8,42 \times 10^{-7}$

La différence est frappante : la TVE indique une faible probabilité, quoique perceptible. La probabilité de cet événement, calculée selon la TVE, est donc 16 000 fois supérieure à celle obtenue selon l'hypothèse d'une loi normale!

En septembre 2008, le rendement mensuel de cet indice obligataire était de -10,94 %. Un gestionnaire du risque ou un négociateur d'obligations qui utilisait la TVE aurait sans doute considéré cet événement comme étant surprenant, en ce sens qu'il n'y avait qu'une probabilité d'environ 1 % que cet événement se produise sur une période de 30 ans. S'il avait utilisé d'autres méthodes, les résultats auraient été équivalents à la probabilité qu'une pièce de monnaie tombe sur la tranche! À tous égards, cet événement aurait été considéré comme étant impossible.

L'important ici est de retenir qu'un si mauvais résultat, aussi inimaginable soit-il, aurait été mis en évidence, avant le fait, si l'analyse avait été fondée sur la TVE.

## CONCLUSIONS

À l'instar d'autres modèles de risque, les modèles fondés sur la TVE donnent de meilleurs résultats lorsque les utilisateurs font preuve de qualités subjectives telles que l'intuition, le jugement et le bon sens que donne l'expérience. Sans doute qu'une méthode de quantification du risque qui fait appel à la fois à la méthode de Delphes et à la TVE constitue le meilleur outil décisionnel en contexte d'incertitude.

Bien entendu, la TVE n'est pas une panacée. Toutefois, il s'agit d'une méthode scientifique qui permet aux modélisateurs d'utiliser au mieux un faible nombre de valeurs extrêmes observées antérieurement. Ceux qui n'utilisent pas des méthodes bien fondées comme la TVE n'auront peut-être pas d'autres choix que de se fier uniquement à leur intuition imparfaite ou d'avoir recours, aux fins de l'ajustement, à des distributions éventuellement coûteuses et susceptibles de produire des résultats gravement erronés. ♦

## NOTES

- 1 Si  $x \geq u$ ,  $P\{X \leq x\} = P\{X \leq u\} + P\{u \leq X \leq x\}$ , et  $P\{u \leq X \leq x\}$  peut s'exprimer comme suit :  $(1 - P\{X \leq u\}) F_u(x - u)$ .
- 2 Une distribution empirique ajustée à un ensemble de données permet de définir une fonction de répartition correspondant aux centiles directement observés dans l'ensemble. En d'autres termes, elle permet de définir une fonction de répartition,  $F(x)$ , qui est égale à la proportion des points de données de l'ensemble qui sont inférieurs ou égaux à  $x$ .
- 3 Se reporter au document de McNeil intitulé *Estimating the Tails of Loss Severity Distributions using Extreme Value Theory*, p. 7-8, cité dans les références bibliographiques.
- 4 Se reporter au document de Bensalah intitulé *Steps in Applying Extreme Value Theory to Finance: A Review*, cité dans les références bibliographiques.

Soit  $\bar{x} = (1/n) \sum (x_i - u)$ ,  $w = (1/n) \sum (x_i - u)^2$ , où les sommations portent sur les  $n$  valeurs  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , qui dépassent le seuil  $u$ .  $\bar{x}$  représente donc la moyenne des excès, et  $w$ , la moyenne du carré des excès.

Par ailleurs, posons  $A = \bar{x}^2 / (w - \bar{x}^2)$ . En ce qui concerne la DPG définie par :  $G_{s,k}(x) = 1 - (1 - kx/s)^{1/k}$  (si  $k$  est non nul), les estimations des paramètres  $s$  et  $k$ , obtenues au moyen de la méthode des moments, sont données par :  $s^* = 0,5 \bar{x}(A + 1)$  et  $k^* = 0,5(A - 1)$ .

- 6 La stabilité commencera à décliner lorsque le seuil sera suffisamment élevé qu'il fera en sorte que le nombre de données situées dans l'extrémité correspondante sera considérablement réduit; il existe donc une « région limitée de stabilité ». ♦

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bensalah, Younes.** *Steps in Applying Extreme Value Theory to Finance: A Review*, Banque du Canada, 2000, (document de travail).
- Krvavych, Yuriy et Mergel, Victor.** *Large Loss Distributions: probabilistic properties, EVT tools, maximum entropy characterization*. Sur Internet : <<http://www.geocities.com/krvavych/ASTIN.pdf>>.
- McNeil, Alexander.** *Estimating the Tails of Loss Severity Distributions using Extreme Value Theory*, CH 8092 Zurich, Département de mathématique, ETH Zentrum, 1996.
- McNeil, Alexander.** *Extreme Value Theory for Risk Managers*, CH 8092 Zurich, Département de mathématique, ETH Zentrum, 1999.
- Sarma, Mandira.** *Characterisation of the tail behaviour of financial returns: studies from India*, Pays-Bas, EURANDOM, 2005.

# Mise en œuvre de portefeuilles de réplication

par Andrew Ng

**LES SOCIÉTÉS D'ASSURANCES** ont recours à diverses techniques de gestion du risque et de mesure du rendement qui consistent à évaluer le passif selon divers scénarios qui tiennent compte de plusieurs facteurs de risque du marché. En voici des exemples : calcul du capital économique, gestion de l'actif-passif, opérations de couverture, analyse d'attribution (p. ex., rendement sur les placements pouvant être couverts par opposition à celui obtenu sur les placements ne pouvant l'être, bénéfice d'exploitation tiré des placements par opposition à celui qui ne l'est pas). Toutefois, l'une des grandes difficultés liées à l'intégration de ces techniques dans le processus décisionnel de la direction est l'énorme quantité de simulations requises, ce qui entraîne une grande complexité ainsi que de longues durées d'exécution.

En réponse directe à cette difficulté, certaines institutions mettent en place des portefeuilles de réplication. Un portefeuille de réplication est un panier d'instruments financiers destinés à reproduire, le mieux possible, la valeur et la sensibilité au marché d'un certain portefeuille cible d'engagements selon divers scénarios économiques. L'utilisation d'un portefeuille de réplication permet le contrôle en temps réel de la partie du tableau des risques qui porte sur le risque de marché, car les instruments compris dans le portefeuille de réplication peuvent souvent faire l'objet d'une réévaluation rapide selon divers scénarios économiques, au moyen de formules explicites. Le recours à des portefeuilles de réplication peut donc réduire de façon très importante le temps d'exécution et les ressources autrement requis.

Afin de pouvoir pleinement tirer parti des portefeuilles de réplication, les institutions auraient avantage à examiner attentivement les deux aspects suivants :

- la sélection de l'outil de construction du portefeuille de réplication;
- la mise en œuvre du portefeuille à l'échelle de l'entreprise.

## SÉLECTION DE L'OUTIL DE CONSTRUCTION DU PORTEFEUILLE DE RÉPLICATION

Il existe actuellement plusieurs outils sur le marché qui permettent de créer un portefeuille de réplication. Afin de choisir celui qui leur convient le mieux, les institutions devraient examiner des questions qui ont une incidence importante sur la capacité de l'outil de produire le portefeuille optimal tout en ayant suffisamment de puissance pour être en mesure de reproduire la sensibilité au marché du portefeuille cible selon une variété de scénarios de marché, et ce, dans un délai relativement court.

### Questions relatives à la capacité de réplication

- *Quels facteurs de risque du marché l'outil peut-il prendre en compte?*

Dans l'idéal, l'outil permet à l'utilisateur de déterminer les porte-

feuilles de réplication optimaux, qui peuvent être réévalués selon divers scénarios économiques qui prévoient tous les grands facteurs de risque du marché ayant une incidence sur les principaux secteurs d'activité de l'institution.

- *Quels scénarios économiques l'outil peut-il utiliser dans la procédure d'ajustement afin de déterminer le portefeuille de réplication optimal?*

En règle générale, aux fins de l'ajustement, on utilise les flux monétaires du portefeuille cible d'engagements, qui découlent de l'ensemble des scénarios conformes au marché à la date d'évaluation. La capacité de prendre en compte d'autres scénarios de placement extrêmes peut améliorer l'ajustement du portefeuille de réplication optimal à certains des chocs du marché, ce qui pourrait être très utile dans le cas des analyses portant sur les risques extrêmes.

- *Quels instruments financiers l'outil peut-il prendre en compte?*

L'un des plus importants facteurs permettant à l'outil de déterminer le portefeuille optimal ayant une grande capacité de réplication réside dans l'abondance du choix d'instruments financiers pouvant être utilisés aux fins de l'ajustement. L'univers des instruments financiers disponibles devrait comprendre non seulement les actifs négociables sur les marchés financiers, mais également une grande variété d'actifs synthétiques.

- *Dans quelle mesure l'outil permet-il de prendre en compte facilement de nouveaux instruments financiers?*

La capacité, pour l'utilisateur, de créer et de prendre en compte de nouveaux instruments financiers aux fins de l'ajustement constitue un énorme avantage, plus particulièrement lorsque le portefeuille cible est constitué d'engagements complexes prévoyant des principes de placement, des stratégies de taux d'intérêt créditeurs ainsi que des options et des garanties intégrées qui sont uniques en leur genre.



Andrew Ng, FSA, MAAA, CFA, est consultant principal chez Watson Wyatt Worldwide à New York (NY). On peut le joindre à [andrew.ng@watsonwyatt.com](mailto:andrew.ng@watsonwyatt.com).

SUITE À LA PAGE 20

### Questions relatives aux durées d'exécution

- *Dans quelle mesure l'outil permet-il de restreindre facilement le nombre d'instruments financiers qui sont utilisés dans la procédure d'ajustement afin de déterminer le portefeuille de réplication optimal?* La capacité, pour l'utilisateur, de limiter rapidement le choix des instruments financiers aux seuls instruments pertinents peut réduire de façon considérable le temps requis pour déterminer le portefeuille optimal. Par exemple, il pourrait être nécessaire de faire en sorte que seuls les actifs négociables puissent faire partie du portefeuille optimal lorsqu'il s'agit d'une attribution des rendements liés aux opérations de couverture.
- *Quel algorithme d'optimisation l'outil utilise-t-il?* La vitesse à laquelle l'outil peut explorer l'univers des portefeuilles possibles en prenant en compte diverses combinaisons d'actifs choisis parmi tous les instruments financiers pertinents, et déterminer ensuite le portefeuille de réplication optimal, est un critère essentiel de réussite. Il importe donc de bien comprendre la méthode qui sous-tend l'algorithme d'optimisation, son mode d'application et son rendement. Un bon outil devrait permettre de mesurer le rendement de l'algorithme et fournir une description utile de ce dernier dans le guide de l'utilisateur.
- *Dans quelle mesure l'outil peut-il rapidement réévaluer le portefeuille de réplication optimal (c.-à-d. fixer à nouveau son prix) selon de nouveaux scénarios économiques?* Lorsqu'un outil est long à déterminer à nouveau le prix du portefeuille de réplication optimal selon de nouveaux scénarios, cela vient annuler les avantages et les raisons mêmes pour lesquelles l'outil a été choisi. Comme critère possible de référence, un bon outil doit pouvoir normalement réévaluer, en quelques minutes, un portefeuille optimal comportant uniquement des instruments financiers pouvant être évalués au moyen de formules explicites, et ce, selon des dizaines de milliers de scénarios économiques.

Voici d'autres questions concernant la sélection de l'outil :

- *L'outil permet-il le classement des scénarios par catégorie?* En règle générale, si l'on utilisait, aux fins de l'ajustement, un ensemble de scénarios conformes au marché et neutres à l'égard du risque, la plupart d'entre eux se situeraient près de la moyenne de l'ensemble des scénarios. Le classement des scénarios par catégorie, que l'on désigne également sous le nom de regroupement dans le domaine de la statistique et de l'exploration

de données, permet à l'utilisateur d'axer ses travaux sur des scénarios extrêmes de taux d'intérêt.

- *L'outil permet-il le classement des flux monétaires au fil du temps?* Un bon ajustement à la sensibilité instantanée du passif au marché ne garantit pas un bon ajustement à la sensibilité du passif au fil du temps, et la capacité d'ajustement au fil du temps dépend étroitement de la capacité d'ajustement au profil des flux du passif.
- *Le portefeuille de réplication convient-il à l'usage que l'institution veut en faire?* Un outil solide qui répond positivement aux questions susmentionnées devrait sans doute pouvoir déterminer les portefeuilles optimaux possédant une excellente capacité de réplication, et ce, pour de nombreux types d'engagements. Toutefois, rien ne garantit qu'il existe un portefeuille optimal correspondant au seuil de tolérance de l'institution concernant l'erreur d'ajustement. Avant de s'engager, et afin d'apprécier l'efficacité de la technique, il importe d'effectuer une étude pilote en appliquant l'outil à des blocs de contrats qui correspondent aux principaux secteurs d'activité de l'institution.

### MISE EN ŒUVRE À L'ÉCHELLE DE L'INSTITUTION

Une fois déterminés l'outil et le fournisseur de technologie, les institutions doivent dresser un plan détaillé prévoyant la mise en place de l'outil à l'échelle des utilisateurs. Outre les considérations habituelles relatives à la mise en œuvre de toute application d'entreprise, les institutions pourraient également prendre en compte les points suivants, qui ne concernent que la mise en œuvre de portefeuilles de réplication :

- *Gouvernance* : Afin d'assurer une meilleure cohérence ainsi qu'une plus grande efficacité et une plus grande précision à l'échelle de l'entreprise, les institutions devraient déterminer qui a le pouvoir de décision quant aux questions ayant une incidence sur la qualité des portefeuilles de réplication. Les institutions devraient donner des indications sur les points suivants : l'univers des instruments financiers possibles, les scénarios économiques à utiliser aux fins de l'ajustement, les mesures d'ajustement ainsi que les seuils de tolérance d'erreur qui s'y rattachent. Des critères et des contrôles peuvent être établis relativement à chaque catégorie d'utilisateurs, selon leur degré de connaissance et d'expérience de l'outil.

Une question de même nature, quoique d'ordre plus général, a trait au choix du type de contrôle. Une

« Toutefois, de nombreuses difficultés en rendent la mise en œuvre difficile... [les institutions] assurent une planification adéquate et donnent des consignes appropriées, elles seront mieux en mesure de récolter les bénéfices des portefeuilles de réplcation... »

approche centralisée pourrait simplifier le processus dans son ensemble, permettre un meilleur contrôle et réduire le temps et les coûts liés à la formation et la communication. Une approche décentralisée, en revanche, permettrait aux utilisateurs locaux de mieux mettre à profit leurs excellentes connaissances des caractéristiques de risque du passif cible, ce qui améliorerait la qualité du portefeuille de réplcation optimal et réduirait le délai d'achèvement de celui-ci.

- *Niveau de granularité* : Une décision doit être prise en ce qui a trait au niveau optimal de granularité dans le contexte de la création de portefeuilles de réplcation (p. ex., en fonction des produits ou des secteurs d'activité). Pour ce faire, il faut trouver un compromis entre divers facteurs, dont le temps, la précision, la complexité de la gestion du processus ainsi que la capacité d'interpréter le portefeuille de réplcation obtenu.
- *Fréquence des réévaluations* : Les portefeuilles de réplcation optimaux devraient faire périodiquement l'objet d'un réévaluations afin de tenir compte des changements d'ordre non économique survenus dans le portefeuille cible d'engagements, de façon qu'ils demeurent utiles et pertinents. Il faudrait définir la fréquence des réévaluations et donner des indications autorisant une actualisation intermédiaire en cas de fluctuation inhabituelle des marchés.

- *Intégrité des données* : Les utilisateurs locaux et ceux du siège social peuvent produire de grandes quantités d'information et de données et les échanger entre eux. Pour la plupart des institutions, l'établissement de contrôles adéquats visant à assurer l'intégrité des données ne sera pas une mince affaire.

- *Validation indépendante* : Selon la nature de l'application, il pourrait être justifié de faire appel à un tiers afin qu'il examine l'ensemble du processus et des méthodes.

La promesse qu'offrent les portefeuilles de réplcation pour ce qui est de réduire de façon importante la durée d'exécution des modèles permettant d'évaluer, selon divers scénarios de marché, les engagements comportant des options et des garanties complexes, est attrayante. Toutefois, de nombreuses difficultés en rendent la mise en œuvre difficile. Cependant, si les institutions tiennent compte des questions susmentionnées et qu'elles assurent une planification adéquate et donnent des consignes appropriées, elles seront mieux en mesure de récolter les bénéfices des portefeuilles de réplcation, soit des durées d'exécution plus rapides sans sacrifier la qualité. Il est donc possible d'intégrer de meilleures analyses des risques et du rendement dans l'information de gestion et ainsi mieux appuyer la prise de décision. ♦

## Equity-Based Insurance Guarantees Conference

October 12-13, 2009

Boston, MA

This seminar is designed to give professionals with limited-to-moderate experience an understanding of how to better quantify, monitor and manage the risks underlying the VA and EIA products.

Learn more at [www.soa.org](http://www.soa.org)



# Le manifeste des spécialistes de la modélisation financière

par Emanuel Derman et Paul Wilmott

Note de la rédaction : Cet article est reproduit avec la permission de [www.wilmott.com](http://www.wilmott.com).

**UN SPECTRE HANTE LES MARCHÉS**—celui du manque de liquidités, du gel du crédit et de l'échec des modèles financiers.

Depuis l'effondrement, en 2007, du marché des prêts hypothécaires à risque, les marchés financiers sont passés à un nouveau régime caractérisé par des mouvements brusques, des phénomènes de contagion et des anomalies presque inimaginables – qui aurait cru qu'un jour l'écart entre le taux des swaps et les bons du Trésor pourrait être négatif? Les modèles courants d'évaluation deviennent de moins en moins fiables.



**Emanuel Derman, Ph.D.**, est directeur du programme de maîtrise en sciences, ingénierie financière à l'université Columbia, et chef de la gestion des risques auprès de Prisma Capital Partners. On peut le joindre à [emanuel.derman@mac.com](mailto:emanuel.derman@mac.com).

Existe-t-il un gestionnaire du risque qui n'ait pas attribué ses pertes à un tsunami séculaire?

Nous nous sommes donc réunis à New York afin de rédiger le manifeste suivant.

## MANIFESTE

En finance, nous étudions comment gérer les fonds, qu'il s'agisse de valeurs simples comme le dollar et le yen, les actions et les obligations ou de valeurs plus complexes telles que les contrats à terme standardisés et les options, de même que les obligations adossées à des créances (OAC) de mauvaise qualité et les swaps sur défaillance. Nous construisons des modèles financiers afin d'estimer la juste valeur des valeurs mobilières et leur degré de risque et de déterminer la façon dont ces risques peuvent être atténués. De quelle façon les modèles peuvent-ils vous indiquer la valeur d'un titre? Et pourquoi ces modèles ont-ils lamentablement échoué dans le cas des OAC à risque?

En raison de leur excellente capacité à prévoir le comportement d'objets matériels à partir de leur état présent, les physiciens ont inspiré la plupart des spécialistes de la modélisation financière. Les physiciens étudient le monde en répétant les mêmes expériences à multiples reprises afin de découvrir des forces et leurs lois mathématiques presque magiques. Des centaines de fois, Galilée a laissé tomber deux balles du haut de la tour de Pise, et de grandes équipes de physiciens ont provoqué, à Genève, la collision de protons. Si les physiciens proposent une loi et que les prévisions qui en découlent ne sont pas conformes aux résultats des expériences, tout est à recommencer. Les lois de la physique atomique sont précises à dix décimales près.

On ne peut en dire autant des spécialistes de la finance et de l'économie, qui s'intéressent au monde mental de la valeur pécuniaire. Les théoriciens de la finance se sont efforcés

d'émuler le style et l'élégance des physiciens afin de découvrir les lois s'appliquant à leur domaine. Mais les marchés sont composés de gens qui sont influencés par les événements, par leurs sentiments éphémères à l'égard de ces événements et par leurs attentes à l'égard du comportement d'autrui. La vérité est qu'il n'existe pas de lois fondamentales en finance. Et, même s'il en existait, il n'y aurait pas moyen de réaliser des expériences à répétition afin de les confirmer.

Il est difficile de trouver un meilleur exemple de modèles élégamment confus que celui des modèles se rapportant aux OAC. Les documents de recherche en la matière appliquent la théorie abstraite des probabilités aux comouvements de prix de milliers de prêts hypothécaires. Les liens existant entre un aussi grand nombre de prêts hypothécaires peuvent être très complexes. Les modélisateurs, ayant édifié leur fantastique théorie, tiennent à tout prix à l'appliquer. Ils balaièrent sous le tapis toutes les variables dynamiques inconnues et, la poussière écartée, ils n'ont plus en main qu'un seul chiffre, qu'ils désignent sous le nom de corrélation des défauts. Du sublime au ridicule, il n'y a qu'un pas : toute incertitude est réduite à un seul paramètre qui, une fois incorporé au modèle par le négociateur, donne le prix d'une OAC. Cette trop grande confiance à l'égard de la théorie des probabilités et de la statistique constitue une grave lacune. La statistique fournit une description superficielle et, à la différence de la physique, qui permet une explication en profondeur des liens de causalité, elle ne peut facilement prendre en compte la dynamique complexe des défaillances.

Au fond, les modèles sont des outils de conceptualisation imprécis; ils permettent de transformer nos intuitions sur l'avenir en un prix courant d'une valeur mobilière. Il est plus facile d'avoir des intuitions au sujet des prix futurs du logement, des taux de défaut et de la corrélation des défauts qu'en ce qui concerne le prix des OAC. Les modèles se rapportant aux OAC permettent de transformer nos suppositions relatives aux prix futurs du logement, aux taux de défaillance sur prêts hypothécaires et à la corrélation simpliste des défauts en un résultat des modèles, à savoir le prix courant des OAC.

Notre expérience du domaine financier nous a appris à faire preuve d'une grande humilité en ce qui concerne l'application des mathématiques aux marchés, de même que d'une très grande méfiance à l'égard des théories audacieuses qui, en fin de compte, essaient de prévoir le comportement humain. Nous aimons la simplicité, mais nous tenons à faire remarquer que ce sont nos modèles qui sont simples, et non la réalité.

« La finance ne fait pas partie des sciences naturelles, et le ver invisible qui la ronge réside dans son amour sombre et secret pour l'élégance mathématique et sa quête obsessionnelle de la précision. »

Malheureusement, les professeurs de finance ne nous ont pas appris ces leçons. Un simple coup d'œil dans les manuels scolaires de finance nous permet de découvrir tout un échafaudage d'axiomes mathématiques appuyant quantité de théorèmes, de lemmes et de résultats. Qui pourrait penser qu'au fond ces manuels parlent de gens et d'argent? Toutes les personnes de bon sens savent que les axiomes utilisés en finance sont erronés et que les financiers ne pourront jamais être Euclide. Comme l'a fait remarquer Aristote, à chaque projet correspond un différent niveau de précision. La finance ne fait pas partie des sciences naturelles, et le ver invisible qui la ronge réside dans son amour sombre et secret pour l'élégance mathématique et sa quête obsessionnelle de la précision.

Nous avons besoin, bien sûr, des modèles et des mathématiques – que feraient la finance et l'économie sans eux –, mais nous devons toujours nous rappeler que les modèles ne représentent pas la réalité. Chaque fois que nous construisons un modèle de quelque chose faisant intervenir des êtres humains, nous essayons de faire entrer le pied de l'affreuse demi-sœur dans le joli soulier de verre de Cendrillon, ce qui ne peut se faire sans ôter quelques parties essentielles. Amputés pour des raisons d'élégance et de précision, les modèles, inévitablement, masquent le véritable risque plutôt qu'ils ne le révèlent. Les questions les plus importantes que nous devons nous poser au sujet des modèles sont les suivantes : dans quelle mesure probable le modèle est-il erroné, et quelle est son utilité malgré les hypothèses qu'il comporte. Les modélisateurs doivent toujours faire preuve de bon sens et mettre à profit leur expérience.

De nombreux chercheurs espèrent un jour découvrir le « bon » modèle. Mais celui-ci n'existe pas, car le monde change du fait des modèles que nous utilisons. Les progrès de la modélisation financière sont de courte durée. L'évolution des marchés nécessite la création de nouveaux modèles. Le meilleur moyen de mettre à profit son intuition sans se faire des illusions consiste donc à créer des modèles clairs et simples prévoyant des hypothèses relativement à un petit nombre de variables.

Tous les modèles balaient la poussière sous le tapis. Sur ce point, nous estimons que le modèle d'évaluation des options de Black et Scholes, dont on dit beaucoup de mal aujourd'hui, représente le modèle des modèles, car il est clair et robuste. Clair, parce qu'il est réellement bien conçu. Il vous explique comment créer une option au moyen d'actions et d'obligations et vous en donne le prix dans des circonstances idéales qu'il définit clairement. Sa méthode d'évaluation s'apparente à la détermination du prix d'une salade de fruits à partir du coût des fruits, du sucre, de la main d'œuvre et du transport.

L'univers des marchés ne correspond pas tout à fait aux circonstances idéales que prévoit le modèle, mais celui-ci est robuste du fait qu'il permet à un négociateur intelligent d'apporter des ajustements d'ordre qualitatif pour corriger ces lacunes. Lorsque nous utilisons ce modèle, nous connaissons les hypothèses qui le sous-tendent et nous savons exactement ce qui a été balayé sous le tapis.

La création de modèles financiers est un exercice difficile qui en vaut la peine : elle exige que nous combinions le qualitatif et le quantitatif, l'imagination et l'observation, l'art et la science de sorte que nous puissions prévoir approximativement le comportement des marchés et des valeurs mobilières. Le plus grand danger qui nous guette est le vieux péché de l'idolâtrie. Les marchés financiers sont vivants, mais les modèles, eux, sont un artifice : quoi que nous fassions, nous ne pouvons leur donner la vie. Confondre les modèles avec la réalité équivaut à mesurer l'étendue d'un désastre futur en supposant que les humains obéissent à des lois mathématiques. ♦



**Paul Wilmott D. Phil.**, est expert-conseil financier et se spécialise dans les instruments dérivés, la gestion du risque et la finance quantitative. Il est propriétaire du populaire site Web communautaire consacré à la finance quantitative, [www.wilmott.com](http://www.wilmott.com), ainsi que du magazine quantiste Wilmott. On peut le joindre à [paul@wilmott.com](mailto:paul@wilmott.com).

#### MODÉLISATEURS DE TOUS LES MARCHÉS, UNISSONS-NOUS!

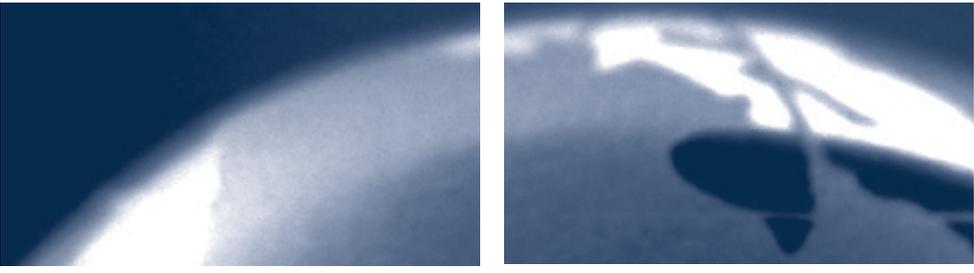
Nous n'avons rien à perdre à part nos illusions.

##### **Le serment d'Hippocrate des modélisateurs**

- ~ Je me souviendrai que je n'ai pas créé le monde et qu'il ne répond pas à mes exigences.
- ~ Bien que j'utilise avec audace des modèles afin d'estimer certaines valeurs, je n'aurai pas une confiance absolue dans les mathématiques.
- ~ Je ne sacrifierai jamais la réalité à l'élégance sans en donner les raisons.
- ~ Et plutôt que de faire croire aux utilisateurs que mon modèle est exact, je mettrai en évidence les hypothèses et les lacunes qu'il comporte.
- ~ Je suis conscient que mon travail a d'énormes répercussions sur la société et l'économie, dont bon nombre d'entre elles échappent à mon entendement.

Emanuel Derman  
Le 7 janvier 2009

Paul Wilmott  
Le 7 janvier 2009



# CAS PROFESSIONAL EDUCATION CALENDAR

These upcoming CAS  
Continuing Education  
Opportunities will keep  
you up to date on the latest  
trends in actuarial science.



Actuaries  
Risk is Opportunity.™

## Dates to Remember

**CARE REINSURANCE BOOT  
CAMP ON PRICING TECHNIQUES**  
August 10-11, 2009  
New York, NY

**PREDICTIVE MODELING LIMITED  
ATTENDANCE SEMINAR**  
August 12-13, 2009  
Chicago, IL

**TESTING LOSS RESERVE  
ASSUMPTIONS LIMITED  
ATTENDANCE SEMINAR**  
August 24, 2009  
Chicago, IL

**RESERVE VARIABILITY LIMITED  
ATTENDANCE SEMINAR**  
August 25-27, 2009  
Chicago, IL

**CASUALTY LOSS RESERVE  
SEMINAR (CLRS)**  
September 14-15, 2009  
Chicago, IL

**LONDON CARE SEMINAR:  
PRICING AND ISSUES IN TODAY'S  
MARKET**  
September 15, 2009  
London, England

**INTRODUCTION TO ENTERPRISE  
RISK MANAGEMENT**  
October 2-19, 2009  
Online Course

**IN FOCUS: THE UNDERWRITING  
CYCLE SEMINAR**  
October 5-6, 2009  
Alexandria, VA

**ENTERPRISE RISK MANAGEMENT  
AND MODELING (ERM2) LIMITED  
ATTENDANCE SEMINAR**  
October 19-20, 2009  
Chicago, IL

**CAS ANNUAL MEETING**  
November 15-18, 2009  
Boston, MA

SEE REVERSE SIDE FOR DETAILS ON LIMITED ATTENDANCE SEMINARS

[WWW.CASACT.ORG](http://WWW.CASACT.ORG)

# Tarification en fonction du risque – Gestion du risque aux points de vente

par Dominique Lebel

## LE TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)

statutaire est de loin la mesure de tarification la plus couramment utilisée. Selon l'enquête de 2008 de Tillinghast portant sur les méthodes de tarification, de 57 % à 82 % des entreprises interrogées utilisent cette mesure, selon le type de produit. Toutes les autres mesures figurent loin derrière.

La tarification selon la méthode du TRI statutaire a pour but de réaliser un taux de rendement supérieur au taux de rendement minimal de l'institution, lequel est souvent fondé sur le coût global du capital de l'institution. Bien qu'il s'agisse d'une mesure de tarification utile, elle n'est pas parfaite.

En règle générale, le taux de rendement minimal ne varie pas selon le type de produit, mais chaque produit comporte son propre niveau de risque. Un produit dont le TRI est élevé crée-t-il plus de valeur pour les actionnaires qu'un produit dont le TRI est faible? Pas nécessairement; cela dépend des risques liés à chaque produit.

Le prix des produits repose souvent sur l'hypothèse implicite qu'il existe des possibilités d'arbitrage. Les primes de risque des actifs (p. ex., différentiels de taux d'intérêt supérieurs aux défauts prévus, et primes de risque sur actions) sont capitalisées et sont considérées comme étant un revenu gagné avant que les assureurs/actionnaires ne soient soustraits aux risques. Si les assureurs estiment qu'il existe des possibilités d'arbitrage, pourquoi n'emprunteraient-ils pas au taux correspondant à leur notation financière et n'investiraient-ils pas dans des actifs à risque plutôt que concevoir et de commercialiser des produits d'assurance?

Il serait bon d'examiner la possibilité de fixer le prix des produits de façon que tous les risques assumés soient mesurés d'une manière objective et cohérente.

## TARIFICATION EN FONCTION DU RISQUE

La tarification en fonction du risque, que l'on désigne également sous le nom de tarification conforme à celle du marché, remédie à certains des inconvénients des méthodes de tarification traditionnelles en faisant appel à des notions économiques et financières modernes. Elle diffère des méthodes traditionnelles sur les points suivants :

- Le taux d'actualisation est établi de manière à tenir compte des risques liés à chaque produit.
- Les différentiels de taux d'intérêt et les primes de risque sur



actions sont gagnés au fur et à mesure que les assureurs/actionnaires sont soustraits aux risques.

- Le coût des options et des garanties est évalué selon une méthode conforme à celle employée sur les marchés financiers.

Dans une optique d'évaluation conforme à celle du marché, s'il existe un portefeuille de réplication qui correspond exactement à un ensemble de flux monétaires du passif, la valeur de cet ensemble est égale à celle du portefeuille de réplication. Le calcul de cette valeur consiste à actualiser chacun des flux à l'aide du taux d'actualisation qui serait utilisé sur les marchés financiers pour évaluer les flux. En pratique, on utilise une méthode équivalente, selon laquelle les flux financiers sont ajustés en fonction du risque, de sorte que tous les actifs portent intérêt à des taux sans risque ou à des taux qui les avoisinent (les taux de swap, par exemple), et tous les flux financiers sont actualisés à l'aide de ces taux (dans le cas de simulations stochastiques, on utilise des scénarios neutres à l'égard du risque).



**Dominique Lebel, FSA, MAAA, FICA**, est expert-conseil principal auprès de Towers Perrin à San Francisco (CA). On peut le joindre à [Dominique.Lebel@towersperrin.com](mailto:Dominique.Lebel@towersperrin.com).

SUITE À LA **PAGE 26**

Tarification en fonction... | suite de la page 25

au titre des polices est certain. Toutefois, on pourrait, en principe, apporter un ajustement aux taux sans risque afin de tenir compte du risque de crédit de l'assureur (c.-à-d. tenir compte de la possibilité que l'assureur manque à ses obligations). Cette pratique n'est pas courante, car elle entraîne une diminution du passif alors que le risque de crédit de l'assureur augmente.

D'autres ajustements ont été apportés aux taux sans risque afin de tenir compte des récentes perturbations sur les marchés, au moyen de méthodes comme celle du portefeuille de réplication à coût minimal. Selon cette méthode, lorsque divers portefeuilles de réplication peuvent être construits à l'égard d'un passif dont les flux sont largement prévisibles, comme c'est le cas du passif lié à une rente à versements, on peut choisir le portefeuille ayant le moindre coût pour estimer le passif. Par exemple, une combinaison d'obligations de sociétés et de swaps sur défaillance pourrait constituer un portefeuille de réplication à coût minimal. Ce sujet est en constante évolution.

En règle générale, on détermine, pour chaque produit, la valeur des affaires nouvelles (VAN), laquelle correspond à la création de valeur pour les actionnaires qui découle de la souscription de nouvelles affaires.

$VAN = \text{Valeur actualisée des profits après impôt} - \text{valeur temporelle des options et des garanties} - \text{coûts frictionnels du capital requis}^1 - \text{coût du risque ne pouvant être couvert}^2.$

La tarification en fonction du risque permet d'avoir une vue financière de la rentabilité des nouvelles affaires qui est transparente, solide, objective et cohérente à l'échelle des produits. Si la VAN est supérieure à zéro, le rendement est supérieur au prix du marché des risques assumés. Une VAN inférieure à zéro a pour effet de réduire la valeur pour les actionnaires.

Bien qu'une VAN positive soit une condition nécessaire à l'augmentation de la valeur pour les actionnaires, cette condition pourrait ne pas être suffisante. Le prix demandé pour les produits (les primes, par exemple) devrait être fixé de façon que la valeur totale des nouvelles affaires, qui est fonction du volume de ventes prévu, permette de

préserver la valeur actualisée des investissements futurs de l'institution, qui correspond approximativement à la capitalisation boursière de l'institution moins la valeur intrinsèque de celle-ci. C'est ici que la direction a un rôle important à jouer. Une VAN égale à zéro détermine le prix minimal du risque, mais le prix final demandé nécessite la participation de la direction. Par exemple, le prix demandé doit être déterminé en tenant compte du volume de ventes et, dans le cas des institutions limitées par leur manque de capitaux, l'allocation efficiente du capital doit être prise en compte dans l'établissement du prix des nouvelles affaires.

Voici d'autres mesures couramment utilisées :

- Marge bénéficiaire : VAN/VAP, où VAP désigne la valeur actualisée des primes.
- Taux d'actualisation implicite : Taux d'actualisation selon lequel la valeur traditionnelle des affaires nouvelles est égale à la VAN. Cette mesure sert parfois à comparer le degré de risque relatif de divers produits. Un produit pour lequel le taux d'actualisation implicite est élevé est plus risqué qu'un produit dont le taux d'actualisation implicite est faible.

## GAGNANTS ET PERDANTS

Certains produits obtiennent de meilleurs résultats que d'autres dans un cadre conforme à celui du marché. Ces résultats sont fonction :

- du niveau des garanties (p. ex., les garanties de taux d'intérêt minimal ou les garanties liées aux rentes à capital variable (RCV) ou aux fonds distincts);
- du montant de risque lié à l'actif pris en charge par l'assureur/les actionnaires (p. ex., la qualité de crédit de l'actif);
- de la question de savoir si la direction a la possibilité d'agir à sa guise afin d'atténuer les effets de résultats défavorables (p. ex., capacité de rajuster les primes futures, les taux créditeurs ou les participations versées aux titulaires de contrat).

Cela est tout à fait logique. Toutes choses égales par ailleurs – par exemple, à supposer que les prix demandés pour les produits soient les mêmes –, un produit (produit A) com-

<sup>1</sup> En règle générale, il s'agit des coûts liés aux frais de placement et à l'impôt.

<sup>2</sup> Correspond généralement à la valeur actualisée de 0 % à 6 % par année du capital-risque projeté ne pouvant être couvert.

« Les développements récents ont incité de nombreuses institutions à analyser la rentabilité de leurs produits dans une optique conforme à celle du marché. »

**TABEAU 1**  
Exemple type de gagnants et de perdants : Tarification en fonction du risque par opposition à la méthode traditionnelle

| Gagnants   | Perdants  |
|--|---|
| Assurance temporaire   | Rentes à versements                                 |
| Assurance collective de personnes et avantages sociaux de courte durée | Rentes à capital fixe                               |
|  | Rentes à capital variable et fonds distincts        |
| Vie universelle/Vie universelle à capital variable*                    | Vie universelle/Vie universelle à capital variable* |

\* Selon l'objet du produit (constitution d'un capital par opposition à protection), la structure du coût d'assurance, les options de placement offertes et le niveau des garanties.

portant plusieurs garanties, dont le risque lié à l'actif est élevé et pour lequel la direction n'a pas de marge de manœuvre pour atténuer les effets de résultats défavorables, devrait être considéré plus risqué qu'un produit semblable (produit B) possédant des caractéristiques inverses. La mesure de tarification utilisée devrait indiquer un résultat moins favorable pour le produit A par rapport à celui du produit B. C'est ce qui se produit dans un cadre conforme à celui du marché.

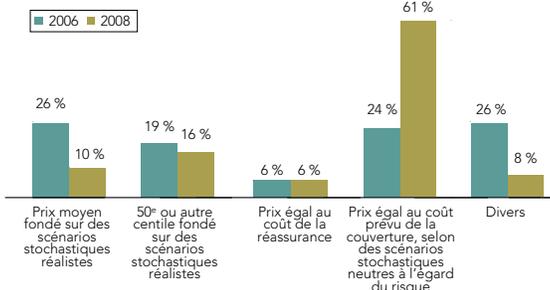
Dans le tableau 1, des produits courants sont divisés en deux catégories : ceux dont la marge bénéficiaire augmente du fait du passage de la méthode traditionnelle à une méthode conforme à celle du marché, et ceux dont la marge bénéficiaire diminue.

Bien que la tarification en fonction du risque doive jouer un rôle important dans la conception des produits et la stratégie de fixation des prix, elle ne doit pas nécessairement être la

Graphique 1:

**Méthodes servant à déterminer le prix des garanties des RCV**

(pourcentage des réponses)

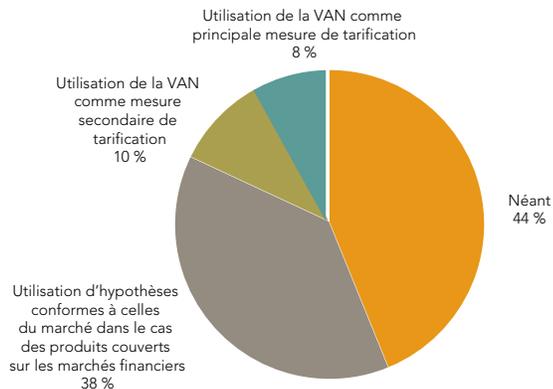


Note : Les institutions utilisant diverses méthodes selon le type de garantie ont choisi plusieurs réponses.

Source : Enquêtes de 2006 et de 2008 de Tillinghast sur les méthodes de tarification, soit les méthodes de tarification des produits qui ont été utilisées en 2005 et en 2007.

**Graphique 2 :  
Utilisation de méthodes ou d'hypothèses de tarification fondées sur le risque**

(Pourcentage des réponses)



Source : Enquête de 2008 de Tillinghast sur les méthodes de tarification, soit celles utilisées en 2007.

seule mesure utilisée. Il existe d'autres méthodes, par exemple le TRI statutaire, qui donnent des indications utiles sur la rentabilité future éventuelle d'un produit.

**LA TARIFICATION EN FONCTION DU RISQUE N'EST PAS UNE NOUVELLE MÉTHODE; SON UTILISATION EST CROISSANTE ET DEVRAIT SE POURSUIVRE**

Tel qu'indiqué dans le graphique 1, la méthode utilisée pour déterminer le prix des garanties liées aux rentes à capital variable a évolué, passant d'abord d'une méthode déterministe et réaliste (il y a de nombreuses années) à une méthode stochastique et réaliste (il y a quelques années), et ensuite à une méthode stochastique neutre à l'égard du risque (depuis 2007).

On voit donc que la méthode de tarification en fonction du risque n'est pas nouvelle. Tel qu'il est indiqué dans le graphique 2, quelques institutions utilisaient cette méthode dans le cas des produits autres que ceux couverts sur les marchés financiers (soit, dans la plupart des cas, les garanties liées aux RCV), mais son utilisation n'était pas courante en 2007. À supposer que cette méthode soit considérée comme étant une bonne pratique aux fins de l'établissement du prix des garanties des RCV, pourquoi n'a-t-elle pas été utilisée de façon générale dans le cas des autres produits?

SUITE À LA PAGE 28

Tarification en fonction... | suite de la page 27

Bien que la méthode de tarification en fonction du risque n'ait pas été largement utilisée en 2007 à l'égard d'une variété de produits, son usage croît progressivement au fur et à mesure que des méthodes conformes à celles du marché sont employées aux fins de l'information financière, du calcul du capital économique, des fusions et acquisitions, des opérations de titrisation et de la gestion de l'actif-passif. Par exemple :

- Les PCGR américains renferment des normes portant sur la mesure de la juste valeur et les options (FAS 157 et 159).
- Aux termes du document *The European Insurance CFO Forum Market Consistent Embedded Value Principles*<sup>3</sup>, publié en juin 2008, les institutions membres seront tenues de publier, en 2011, les valeurs intrinsèques et les valeurs des affaires nouvelles au moyen de méthodes conformes à celles du marché.
- Un grand nombre d'institutions, tant au pays qu'à l'étranger, ont recours à des méthodes conformes à celles du marché pour déterminer le capital économique (Solvabilité II).
- De plus en plus d'opérations de fusion et d'acquisition et d'opérations de titrisation sont évaluées au moyen à la fois de méthodes traditionnelles et de méthodes conformes à celles du marché.
- Certaines institutions adoptent des méthodes conformes à celles du marché, car elles estiment que ces dernières donnent des indications utiles en matière de gestion de l'actif-passif.

Les raisons qui précèdent ont incité de nombreuses institutions à analyser la rentabilité de leurs produits dans une optique conforme à celle du marché, si bien que certaines d'entre elles ont apporté ou sont en voie d'apporter des modifications à leurs produits ou à leurs barèmes de taux. D'autres ont adopté la méthode de tarification en fonction du risque pour ce qu'elle vaut, tandis que quelques-unes s'en servent aux fins de la rémunération au rendement afin de faire correspondre celle-ci au degré de risque assumé.

La phase II des IFRS, qui porte sur la mesure de la juste valeur, pourrait avoir force exécutoire à compter de 2014, aux États-Unis, et à compter de 2013, au Canada. On s'attend donc à ce que l'on fasse une utilisation croissante de la méthode de tarification en fonction du risque en Amérique du Nord.

## LES INSTITUTIONS QUI SERONT PARMIS LES PREMIÈRES À ADOPTER LA MÉTHODE AURONT UN AVANTAGE CONCURRENTIEL

La tarification en fonction du risque pourrait servir à formuler diverses stratégies. Les institutions pourraient cibler les produits dont le prix courant demandé est supérieur à celui qu'exige le marché. Les institutions qui agiront les premières obtiendront un avantage en ciblant les produits rentables. Tôt ou tard, les inefficacités seront corrigées au fur et à mesure que les concurrents rattraperont leur retard.

Les institutions pourraient également utiliser des méthodes d'analyse en fonction du risque afin de mieux comprendre le risque relatif de leurs produits. Selon le seuil de tolérance au risque de l'institution, des mesures pourraient être prises afin de réduire le risque de certains produits en augmentant le prix exigé ou en modifiant certaines caractéristiques des produits. Ces modifications pourraient consister en une diminution des taux d'intérêt garantis, une diminution de la valeur des garanties liées aux RCV ou aux fonds distincts, en un rajustement à la valeur marchande au moment des rachats ou en une modification des modalités rattachées aux primes, lesquelles ne seraient plus garanties mais ajustables.

De plus, les institutions pourraient utiliser les techniques de tarification en fonction du risque afin de se protéger contre l'utilisation de techniques semblables de la part de concurrents.

## CONCLUSION

Le recours à la tarification en fonction du risque permet de remédier à certains des inconvénients des méthodes de tarification traditionnelles, car elle permet aux institutions de mieux comprendre les compromis entre les risques et les avantages pour les actionnaires en faisant appel à une méthode financière qui est solide, transparente, objective et cohérente à l'échelle des produits. Le champ d'utilisation de cette méthode s'est élargi dernièrement et englobe maintenant non seulement les garanties liées aux RCV, mais également un large éventail de produits d'assurance de personnes et de contrats de rente. De plus en plus d'entreprises examinent la rentabilité de leurs affaires dans une optique conforme à celle du marché, aux fins de l'application des normes FAS 157 et 159 et des *MCEV Principles*, du calcul du capital économique, des opérations d'assurance, de la gestion de l'actif-passif ainsi qu'aux fins de l'application de la phase II des IFRS. Les institutions qui seront parmi les premières à adopter cette méthode pourraient en tirer un avantage. ♦

<sup>3</sup> © Stichting CFO Forum Foundation 2008.

# La gestion des risques des contrats de rente à capital variable au moyen de la création de produits innovants<sup>1</sup>

par Xiaokai Shi et Yungui Hu

**IL EST DE PLUS EN PLUS ADMIS** que les gros émetteurs de contrats de rente à capital variable (RCV) ne pourront sortir de la présente crise financière s'ils ne parviennent pas à bien contenir les risques extrêmes qu'entraînent les prestations minimales garanties (PMG). L'avenir des RCV est aujourd'hui incertain, car, souvent, la valeur des garanties dépasse celle des fonds correspondants (on dit alors que les garanties sont au prix d'exercice), ce qui crée une pression sur la rentabilité des assureurs. Et cette situation s'est empirée en raison de la forte instabilité des marchés et de la faiblesse des taux d'intérêt. Les provisions établies pour ces dérivés incorporés, évaluées à leur valeur de marché, ont été multipliées par 10, voire par 15 par rapport aux valeurs observées au cours de 2007 et de 2008. Auparavant, les assureurs atténuaient généralement les risques des PMG au moyen d'opérations de couverture ou de réassurance ou en prenant une position non couverte. Toutefois, la crise financière actuelle montre que ces stratégies classiques d'atténuation des risques ne peuvent être efficaces en cas de graves perturbations des marchés :

- dans ce contexte difficile, les assureurs doivent, pour réaliser un certain degré d'efficacité de couverture, payer des coûts de couverture plus élevés que ceux prévalant dans des conditions de marché normales;
- l'offre de réassurance se raréfie et devient onéreuse;
- les capitaux se font encore plus rares et leur valeur s'est accrue.

Aujourd'hui, le marché des RCV fait face à un avenir incertain en raison des pressions exercées sur le capital, des incertitudes en matière de réglementation et des perceptions négatives à l'endroit des marchés. L'ampleur du dilemme des vendeurs de RCV est fonction de la nature des PMG et des limites de leurs méthodes actuelles de gestion des risques :

- Les PMG sont des options de vente incorporées et non standard pour lesquelles les assureurs vont réaliser un bénéfice lorsque les marchés sont à la hausse, mais ils subiront des pertes du fait de l'augmentation du risque de base et de la forte instabilité. L'effondrement actuel des marchés, caractérisé par une extrême volatilité et de faibles taux d'intérêt, nuit à la rentabilité des assureurs et exerce de grandes pressions sur leur position financière.

- Les programmes de couverture consistent à acheter des dérivés visant à compenser les positions que les assureurs détiennent relativement à leurs engagements.

Toutefois, il peut exister un décalage temporel. Les commissions ou les frais (c'est-à-dire le prix de ces dérivés incorporés), ont été déterminés il y a des mois, voire des années auparavant en utilisant des outils d'évaluation adaptés aux conditions du marché d'alors. Par contre, les programmes de couverture entraînent un rééquilibrage du portefeuille de couverture en fonction de la conjoncture courante. Les coûts de couverture augmenteront donc si les assureurs vendent leurs garanties au cours d'une « bonne » période (p. ex., période de faible volatilité) et qu'ils achètent leurs dérivés de couverture durant une « mauvaise » période (p. ex., période de forte volatilité). La montée en flèche des pertes de base, qui s'accompagne d'une exposition accrue aux risques véga et gamma, placera les assureurs dans une situation difficile. C'est exactement ce qui s'est produit en octobre dernier, lorsque la volatilité s'est fortement accrue et que les taux d'intérêt ont chuté de façon marquée.

Les auteurs sont d'avis que les programmes de couverture en vigueur ne sont pas très efficaces en cas de graves perturbations des marchés, et ce, en raison de l'exposition négative aux risques

des PMG et du décalage temporel susmentionné. À l'heure actuelle, les hausses raisonnables du prix exigé pour les PMG sont loin de pouvoir compenser l'augmentation des coûts de couverture. La nature des contrats et les méthodes actuelles de gestion des risques font en sorte qu'il est très difficile pour les assureurs de gérer ce type de risque en période de récession économique.



**Xiaokai Shi, FSA, MAAA,** est associé principal chez PricewaterhouseCoopers, à New York, NY. Vous pouvez le joindre à l'adresse [victor.shi@us.pwc.com](mailto:victor.shi@us.pwc.com).



**Yungui Hu, Ph.D., FSA, CFA, MAAA,** est directeur chez Prudential Financial, Inc., à Newark, NJ. Vous pouvez le joindre à l'adresse [yungui.hu@prudential.com](mailto:hu@prudential.com).

SUITE À LA **PAGE 30**

<sup>1</sup> Les opinions formulées dans le présent article sont celles des auteurs et ne sauraient être attribuées aux organisations pour lesquelles ils travaillent.

La gestion des risques... | suite de la page 29

Compte tenu de la situation difficile à laquelle les assureurs sont confrontés et de l'efficacité partielle des méthodes de couverture, il sera important de formuler de nouvelles stratégies pour bien gérer les divers risques liés aux RCV. C'est pourquoi nous vous proposons une stratégie innovante de gestion des risques, qui repose sur une nouvelle conception de ces contrats. La principale particularité du nouveau produit consiste à offrir aux titulaires de contrat la possibilité d'avoir accès à des fonds corrélés négativement. Nous estimons que ces fonds supplémentaires permettront de réduire de façon importante le risque négatif et, par voie de conséquence, les pressions exercées sur la rentabilité des assureurs.

### UNE « COUVERTURE NATURELLE » GRÂCE AUX CARACTÉRISTIQUES DU PRODUIT

À l'heure actuelle, la valeur des RCV ne peut évoluer que dans un seul sens : les titulaires voient leur fonds s'accroître seulement lorsque le marché des actions est à la hausse. Lorsque celui-ci est baissier, la valeur du fonds demeure au niveau garanti et l'assureur prend à sa charge les PMG qui sont largement au prix d'exercice. Le nouveau produit que nous proposons, en revanche, ne possède pas cette caractéristique unilatérale, car il permet à la valeur du fonds des titulaires d'évoluer dans les deux sens du marché des actions. Cela s'effectue en offrant des *fonds inverses* supplémentaires qui sont *corrélés négativement* avec les fonds qu'offrent à l'heure actuelle les RCV. Ces fonds inverses reproduisent les « fonds réguliers » (c'est-à-dire les fonds actuellement offerts, qui sont liés au rendement de divers indices boursiers comme S&P 500 ou Russell 2000). Autrement dit, ces fonds inverses vont dans le sens opposé de celui des indices. Ils peuvent être liés directement au rendement de certains indices négociés, tels que les fonds cotés en bourse, ou à celui d'indices synthétiques. Par exemple, si l'on veut qu'un fonds reproduise en sens inverse le rendement de l'indice financier Russell 1000, il est possible de construire un indice synthétique sous-jacent en regroupant, à proportion d'un tiers, une position dans l'indice Financial Bear 3X (FAZ), et, à proportion de deux tiers, une position dans l'indice financier Russell 1000.

De sorte que, durant un marché à la baisse, vu qu'une certaine proportion du fonds varie en fonction des fonds inverses, une partie des PMG deviendra hors du prix d'exercice, ce qui devrait réduire, dans une large mesure, les pressions que les PMG exercent sur l'assureur. Bien entendu, dans un marché haussier, les possibilités de gain s'en trouvent réduites, car certains titulaires pourraient continuer d'affecter une partie de leurs fonds aux fonds inverses. Si la proportion des fonds affectés aux fonds réguliers est égale à celle affectée aux fonds

inverses, la mesure dans laquelle les PMG seront au prix d'exercice sera constante tout au cours du cycle du marché boursier. Les titulaires de contrat qui affectent des fonds aux fonds réguliers prennent une position acheteur sur options de vente sur ces fonds et seront protégés par les PMG en cas de marchés baissiers. Par contre, ceux qui affectent des fonds aux fonds inverses prennent une position acheteur sur options de vente sur ces fonds sous-jacents, lesquels varient *dans le sens inverse* de celui du marché des actions. Du point de vue de l'assureur, la mise en commun de ces deux groupes viendra réduire la mesure dans laquelle les PMG sont au prix d'exercice et permettra de diversifier considérablement les risques extrêmes. La particularité essentielle de ce nouveau produit est de permettre aux titulaires de gérer leur fonds de façon dynamique en fonction des divers cycles économiques. Les programmes actuels de couverture des assureurs leur permettront essentiellement de vendre le marché à découvert, en bout de ligne, afin de compenser les positions de leurs dérivés incorporés sur le passif. Le nouveau produit, en revanche, permet essentiellement aux titulaires de vendre eux-mêmes le marché à découvert en contexte de marchés baissiers, et, de cette façon, l'assureur n'est exposé que partiellement aux risques résiduels d'un marché extrême.

En période de transition des marchés boursiers, le fait de permettre des transferts de fonds entre les fonds réguliers et les fonds inverses viendrait réduire davantage les risques extrêmes de l'assureur, à supposer que les titulaires se comportent de façon suffisamment raisonnable. Dans un marché baissier, il est raisonnable de supposer qu'une plus grande proportion des titulaires placeront leurs fonds dans les fonds inverses. Ainsi, la mesure dans laquelle les PMG seront au prix d'exercice diminuera en période de graves récessions économiques comme celle de l'an dernier. Dans un marché haussier, une plus grande proportion des titulaires placeront leurs fonds dans les fonds réguliers afin de tirer parti du rendement favorable des actions.

### EXEMPLE NUMÉRIQUE ET ANALYSE

Nous prenons ici comme exemple une version simplifiée des contrats de RCV, et nous ne considérons qu'une seule période. Sans perte de généralité, nous supposons que les unités en vigueur ne sont pas réduites pour cause de mortalité, de déchéance, de retrait partiel ou de transformation en rente. Les autres caractéristiques du produit et hypothèses sont indiquées ci-après :

Par souci de simplicité, nous supposons qu'il n'existe que deux fonds distincts : un fonds régulier et un fonds inverse. Le premier est lié au rendement de l'indice S&P 500, tandis

« ...offrir aux titulaires de contrat la possibilité d'avoir accès à des fonds corrélés négativement ... permet de réduire de façon importante le risque négatif et, par voie de conséquence, les pressions exercées sur la rentabilité des assureurs. »

**Caractéristiques du produit :**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Valeurs du fonds au début de la période :                                   | VF DP = 100 000 \$         |
| Valeur de la garantie au début de la période :                              | VG DP = 100 000 \$         |
| La garantie prévoit un taux d'accroissement ( <i>roll up rate</i> ) :       | Taux d'accroissement = 0 % |
| Charges et dépenses :   | Taux = 2,00 %              |
| Taux d'utilisation/de sélection des PMG (p. ex., transformation en rente) : | 15 %                       |
| Nombre de contrats en vigueur :   | 1 000                      |

que le second est lié à un indice opposé au premier indice. Le tableau 1 indique les rendements hypothétiques des deux fonds au cours de la période dans un contexte de marché baissier ainsi que dans un contexte de marché haussier.

Tableau 1

|                 | Fonds régulier (S&P 500) | Fonds inverse (- S&P 500) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| Marché baissier | -20%                     | 20%                       |
| Marché haussier | 20%                      | -20%                      |

Nous supposons par ailleurs que les titulaires ne peuvent avoir que trois points de vue sur le marché : ils peuvent prévoir que le marché sera baissier, que le marché sera haussier ou bien que le marché sera neutre. Nous supposons que les titulaires qui prévoient que le marché sera baissier auront tendance à allouer une plus grande partie de leurs fonds dans les fonds inverses. Par contre, nous supposons que les titulaires qui prévoient que le marché sera haussier seront enclins à affecter une plus grande partie de leurs fonds dans les fonds réguliers. En ce qui concerne le troisième cas, c'est-à-dire les titulaires qui sont dans l'incertitude, nous supposons qu'ils alloueront leurs fonds également entre les deux fonds afin de couvrir le risque de marché. Ces hypothèses sont reproduites dans le tableau 2.

Tableau 2. Allocation du fonds

|                 | Fonds régulier (S&P 500) | Fonds inverse (- S&P 500) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| Marché baissier | 0%                       | 100%                      |
| Marché haussier | 100%                     | 0%                        |
| Marché neutre   | 50%                      | 50%                       |

Au niveau agrégé, les effets nets des divers points de vue des titulaires peuvent donner lieu aux trois scénarios suivants :

- *Allocations équilibrées* : Les sommes versées dans les deux fonds sont sensiblement égales. Ce scénario est probable lorsque le marché n'est ni haussier ni baissier. Cela signifie que soit la plupart des titulaires ont un point de vue neutre, soit que le nombre de titulaires prévoyant que le marché sera baissier est plus ou moins égal au nombre de titulaires prévoyant que le marché sera haussier.

- *Allocations rationnelles* : Les sommes versées dans le fonds régulier sont supérieures à celles allouées au fonds inverse dans un contexte de marché haussier, et le contraire se produit lorsque le marché est baissier. Ce scénario a lieu dans un marché haussier ou baissier classique.
- *Allocations irrationnelles* : Les sommes versées dans le fonds régulier sont supérieures à celles allouées au fonds inverse dans un contexte de marché baissier classique, et le contraire se produit dans un contexte de marché haussier classique. Ce scénario est moins probable si nous supposons que les titulaires cherchent à maximiser leur avoir.

Le tableau 3 indique, au niveau agrégé, la répartition hypothétique des fonds selon les trois scénarios susmentionnés.

Tableau 3. Répartition hypothétique des fonds en fonction de divers scénarios

|                            | Marché baissier |               | Marché haussier |               |
|----------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
|                            | Fonds régulier  | Fonds inverse | Fonds régulier  | Fonds inverse |
| Allocations équilibrées    | 50%             | 50%           | 50%             | 50%           |
| Allocations rationnelles   | 30%             | 70%           | 70%             | 30%           |
| Allocations irrationnelles | 70%             | 30%           | 30%             | 70%           |

Compte tenu des caractéristiques du produit et des hypothèses susmentionnées, il est facile de calculer la valeur du fonds (VF), la mesure dans laquelle les PMG sont au prix d'exercice (APE), les charges relatives aux PMG et les profits. Afin de pouvoir comparer le comportement du nouveau produit et celui des RCV actuellement offertes, nous calculons pour ces dernières les valeurs correspondantes à l'aide des mêmes hypothèses. Les RCV en vigueur sur le marché comportent les mêmes caractéristiques que le nouveau produit, sauf qu'elles n'offrent qu'un fonds régulier. Le tableau 4 présente une comparaison des résultats selon divers scénarios et diverses conjonctures du marché des actions. La VF des titulaires de contrat (VF<sub>TC</sub>) est définie comme étant la plus grande valeur entre les PMG et la valeur réelle du fonds, de façon à refléter leur avoir réel.

Tableau 4. Résultats d'un exemple numérique (M\$)

|                            |        | Marché baissier |              | Marché haussier |              |
|----------------------------|--------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                            |        | RCV actuelle    | RCV proposée | RCV actuelle    | RCV proposée |
| Allocations équilibrées    | PH AV  | 100.00          | 108.80       | 117.60          | 108.80       |
|                            | ITM    | 21.60           | 10.80        | 0.00            | 10.80        |
|                            | Profit | -1.60           | 0.38         | 2.40            | 0.38         |
| Allocations rationnelles   | PH AV  | 100.00          | 112.32       | 117.60          | 112.32       |
|                            | ITM    | 21.60           | 6.48         | 0.00            | 6.48         |
|                            | Profit | -1.60           | 1.19         | 2.40            | 1.19         |
| Allocations irrationnelles | PH AV  | 100.00          | 105.28       | 117.60          | 105.28       |
|                            | ITM    | 21.60           | 15.12        | 0.00            | 15.12        |
|                            | Profit | -1.60           | -0.43        | 2.40            | -0.43        |

D'après le tableau 4, les RCV actuelles subissent une perte considérable de 1,6 M\$ lorsque le marché est baissier et réalisent un profit de 2,4 M\$ lorsqu'il est haussier. Dans le cas du nouveau produit, le profit de l'assureur varie de -0,43 M\$ à 1,19 M\$. La perte maximale ne vaut qu'un quart de celle correspondant aux RCV actuelles, ce qui vient réduire de façon importante les pressions exercées sur la rentabilité de l'assureur. Parallèlement, en revanche, les possibilités de gain sont réduites en contexte de marché haussier. Ces deux produits affichent la même VF-TC moyenne pour l'ensemble des conjonctures de marché et des scénarios de répartition des fonds. Mais la variabilité des résultats est considérablement réduite dans le cas du nouveau produit. Nous en concluons que l'avoir des titulaires corrigé du risque s'est accru en raison du fait que, à la différence du produit existant, le nouveau produit offre une *option* permettant aux titulaires d'allouer des fonds dans le fonds inverse.

## CONCLUSIONS

Le nouveau produit présenté ici aide les assureurs à gérer les risques extrêmes liés aux marchés boursiers et crée de la valeur pour les titulaires de contrat. Toutefois, il y a loin de la coupe aux lèvres. Nous sommes d'avis que les spécialistes doivent bien comprendre les risques éventuels que ce nouveau produit comporte et effectuer des simulations de crise complètes selon divers scénarios économiques, de même que des analyses de sensibilité relativement aux hypothèses actuarielles clés comme celles visant l'allocation des fonds et les retraits. Par ailleurs, nous tenons à élargir nos conclusions afin de répondre à l'intention initiale de ce nouveau concept.

### 1. Augmentation de la valeur de l'entreprise, corrigée du risque

Les RCV actuelles ne conviennent pas à la nature opérationnelle à long terme de l'activité d'assurance, car elles exposent les assureurs à des risques extrêmes. Les assureurs souhaitant assurer leur pérennité n'auront pas d'autres choix que de chercher à éviter les difficultés en période de graves

perturbations économiques. La direction des assureurs doit élaborer des stratégies de gestion du risque en tenant compte des divers cycles économiques et cycles de souscription.

L'assurance a pour but de permettre à un grand nombre de personnes de faire face aux conséquences imprévues de leurs mesures ou de leurs activités grâce à la diversification de ces risques. Elle peut perdre une bonne partie de son efficacité en cas de risques extrêmes ou lorsqu'il y a un risque réel d'antisélection de la part des assurés. Dans leur forme actuelle, les PMG représentent l'une de ces situations.

Le nouveau produit que nous proposons permet de réduire de façon marquée les risques extrêmes auxquels font face les émetteurs de RCV, et d'accroître la valeur de l'entreprise. Parallèlement, le nouveau produit offre une plus grande valeur corrigée du risque pour les titulaires que ne le fait le produit actuel, du fait qu'il offre une option « alternative » non standard au lieu d'une option de vente non standard.

### 2. La gestion des risques grâce à une meilleure conception des produits

L'autre but de cette innovation consiste à mieux gérer les risques d'entreprise grâce à une meilleure conception des produits. Tout comme les sociétés d'assurances bénéficient d'une « couverture naturelle » du fait qu'elles vendent à la fois des produits d'assurance-vie et des rentes viagères, la direction se doit d'élaborer des stratégies de gestion du risque pendant le processus de développement des produits, dans le cadre d'un plan global de gestion du risque. La gestion « finale » des risques, telle que les opérations de réassurance, les opérations de couverture ou la titrisation, peut donc venir compléter et seconder à merveille la gestion « initiale » des risques, par exemple une meilleure conception des produits, de façon à gérer les risques selon un cycle complet de contrôle. Si l'on ne pratique qu'une gestion finale des risques, il est difficile de suivre le rythme de l'évolution dynamique des marchés.

Une mise en garde s'impose. Si, comme le croient de nombreuses personnes, le marché a maintenant atteint son niveau le plus bas, les auteurs tiennent à préciser qu'il pourrait être risqué d'offrir des fonds inverses dans le cas des RCV *en vigueur*, car il se pourrait que la valeur des fonds des titulaires soit bloquée à leur valeur actuelle ou à un niveau inférieur. De plus, le comportement des titulaires de ces contrats viendrait augmenter l'incertitude entourant le portefeuille de l'assureur.

Aujourd'hui, les gros émetteurs de RCV modifient leurs PMG ou procèdent à une révision radicale de leur prix afin de réduire les risques qu'elles comportent. Nous estimons qu'une grande partie des risques découle de l'étape du développement du produit et que ces risques peuvent être atténués en élaborant des stratégies de gestion du risque au cours de cette étape. Nous espérons que nos propositions inspireront des idées novatrices en matière de conception de produit. ♦

# Établissement du prix des garanties de retrait minimum au moyen de la méthode dite du titulaire rationnel

par Lloyd Foster

## RÉSUMÉ

**MALGRÉ LEURS NOMBREUSES** caractéristiques attrayantes, les garanties de retrait minimum (GRM) posent un problème de tarification important du fait qu'elles permettent aux titulaires de contrat de choisir le moment où commencent les retraits. Le comportement des titulaires constitue donc un facteur très important – et pratiquement inconnu – lorsqu'il s'agit de déterminer le prix de ces garanties.

Dans le présent article, nous proposons de déterminer le prix de ce produit en émettant l'hypothèse que les titulaires se comportent de façon rationnelle sur le plan financier. En d'autres termes, nous supposons que les titulaires choisissent comme date de commencement des retraits celle qui maximise le coût pour l'assureur.

## TARIFICATION DES GRM

### Dilemme

Les GRM permettent aux titulaires d'effectuer une série de retraits du fonds d'une rente à capital variable et donnent la garantie que le total des retraits ne sera jamais inférieur à un montant prédéterminé, qui correspond habituellement au dépôt net du titulaire.

De plus, les GRM offrent aux titulaires un long délai – plusieurs années, en règle générale – au cours duquel ils peuvent commencer les retraits. C'est cette caractéristique qui rend difficile l'évaluation du comportement des titulaires. En raison de la nature même du fonds d'actions sous-jacent lié à la garantie, le coût pour l'assureur variera de façon importante, selon la date réelle que le titulaire aura choisie pour commencer les retraits.

Il s'agit d'un produit qui gagnera probablement en importance au fur et à mesure que ses avantages seront bien connus. Selon le protocole de gestion des risques, l'assureur doit bien comprendre les risques financiers liés à ces avantages. Malheureusement, comme l'ont indiqué les spécialistes de ce type de produits (se reporter, par exemple, à l'article de Mary Hardy intitulé *Investment Guarantees*), il est pratiquement impossible de modéliser le comportement des titulaires.

Le choix de la bonne méthode de tarification d'un produit grandement lié au comportement des clients n'est donc pas une mince affaire. Les récents résultats des marchés boursiers, et les effets concomitants sur les sociétés d'assurance-vie qui commercialisent les produits à capital variable, démontrent bien l'importance de cette question.

Le point de vue adopté ici est conforme à l'opinion générale des spécialistes, à savoir qu'il est pratiquement impossible de prévoir les choix des titulaires.



Lloyd Foster est chef de la gestion des risques auprès de SCOR Global Life U.S. Reinsurance Company à Plato (TX). On peut le joindre à [LFOSTER@scor.com](mailto:LFOSTER@scor.com).

Voici le dilemme : l'industrie de l'assurance doit soit établir un principe de tarification permettant de protéger adéquatement les intérêts financiers des assureurs (malgré l'incapacité de pouvoir modéliser le comportement des titulaires), soit envisager sérieusement de retirer ses produits GRM du marché.

### Juste milieu entre l'application du protocole de gestion des risques et les impératifs de la commercialisation

Fort heureusement, l'industrie de l'assurance ne considère plus la gestion du risque comme étant nécessairement contraire aux impératifs de la commercialisation. Les spécialistes prennent de plus en plus conscience du fait que les gestionnaires du risque mettent à contribution leurs précieuses ressources pour résoudre des problèmes autrement insolubles, et le cas du principe de tarification des GRM en constitue un exemple.

Tout d'abord, il convient d'exposer clairement les objectifs apparemment opposés des gestionnaires du risque et des spécialistes de la mise en marché.

Spécialiste de la mise en marché : *Commercialiser un avenant de rente à capital variable attrayant, et ce, à un coût raisonnable en regard de la concurrence et de la perception des clients.*

Gestionnaire du risque : *Veiller à l'autosuffisance financière dudit avenant, de façon que l'assureur prenne dûment en compte les risques de placement liés au produit.*

Cette situation ne doit pas nécessairement dégénérer en une lutte acharnée. Pour la résoudre, il faut que les parties conviennent :

- qu'il est dans l'intérêt de l'assureur d'offrir et de commercialiser ce produit;
- qu'il n'est pas dans l'intérêt de l'assureur de fixer un prix à ce produit qui donnerait lieu à une protection non optimale contre les mouvements défavorables des marchés boursiers.

SUITE À LA PAGE 34

### Le principe du titulaire rationnel

Le principe dit du titulaire rationnel aborde la question d'une manière particulièrement intuitive et rigoureuse sur le plan financier. Plutôt que de chercher à deviner les intentions des titulaires selon diverses conjonctures économiques, il suppose que les titulaires possèdent des connaissances rationnelles en matière financière.

Forts de ces connaissances, les titulaires choisissent invariablement le meilleur moment (de leur point de vue) pour commencer à profiter de l'option offerte. Ce choix optimal du point de vue des titulaires correspond au pire choix du point de vue des assureurs.

Autrement dit, l'exercice de tarification consiste à déterminer à plusieurs reprises le prix du produit selon diverses dates de commencement des retraits, et à choisir le prix le plus élevé.

Il va sans dire qu'une pareille approche répond sans peine aux besoins des gestionnaires du risque puristes. Mais répond-elle aux besoins des spécialistes de la mise en marché ou à ceux des gestionnaires du risque éclairés dont l'objectif consiste surtout à optimiser les opérations de l'entreprise, et notamment à acquérir de nouveaux contrats d'assurance?

### Objections au principe

Sans doute que ce sont les spécialistes de la mise en marché qui vont le plus s'opposer à cette méthode, et les objections porteront essentiellement sur le fait que le prix résultant sera trop élevé par rapport à ce que le marché peut tolérer.

Si nous comparons le prix demandé aujourd'hui pour un avenant type de GRM (80 points de base) avec le prix correspondant calculé selon la méthode dite du titulaire rationnel (170 points de base), ces objections semblent certainement fondées.

Les spécialistes de la tarification et de la TI pourraient avancer un second type d'objection, alléguant qu'il serait très difficile, voire impossible, d'appliquer cette méthode sur le plan opérationnel.

### Réponse aux objections

#### CARACTÈRE DURABLE DES PRIX

À bien y penser, quel devrait être le prix d'un bien ou d'un service? Les économistes s'interrogent sur cette question depuis des siècles et n'ont toujours pas de réponse définitive.

Aux fins de la présente analyse, nous pouvons supposer que c'est le marché qui détermine les prix. Bien entendu, pareille supposition comporte un danger latent : le prix plancher du marché doit nécessairement correspondre au coût réel de production; autrement, la compagnie pourrait être victime de la plaisanterie maintes fois ressassée qui consiste à fixer un prix inférieur au coût de production et à combler ce manque à gagner par l'augmentation du volume des ventes.

Ce qui a été dit au paragraphe précédent au sujet du prix plancher du marché n'est pas aussi banal qu'il peut paraître à première vue. De nombreux spécialistes de bonne réputation estiment qu'au cours des deux dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, l'industrie de l'assurance-vie a dérogé à cette règle en ce qui concerne les produits d'assurance-vie temporaire. Qui pis est, tout semble indiquer que l'industrie a été entraînée dans une spirale où chaque assureur a cherché à surpasser la concurrence en offrant des primes toujours plus basses, tout en sachant très bien que les tables de mortalité et les budgets des dépenses ne pouvaient corroborer ces prix.

La nécessité d'adopter des méthodes rationnelles aux fins de l'établissement du prix des produits d'assurance a été mise en évidence lors de la récente crise financière, qui a failli terrasser l'industrie de l'assurance-vie et le secteur des banques. Le temps est sans doute venu de repenser notre façon de fixer le prix des produits, plus particulièrement en ce qui concerne ceux comportant des garanties liées aux rendements boursiers.

En quoi consisterait une méthode rationnelle de détermination du prix des GRM? Elle doit, à tout le moins, insister sur ce qui suit :

- elle doit faire en sorte que la garantie offerte soit bien couverte et donc autosuffisante sur le plan financier;
- elle doit tenir compte de la garantie offerte, même dans le cas du scénario de la pire éventualité;
- elle doit faire l'objet d'un examen minutieux de la part de spécialistes prudents du domaine de la gestion du risque.

La méthode dite du titulaire rationnel remplit toutes les conditions susmentionnées, ce qui revient à répondre à la condition de base relative au prix plancher du marché, à savoir que celui-ci doit être au moins égal au coût de production.

« Plutôt que de chercher à deviner les intentions des titulaires selon diverses conjonctures économiques, il suppose que les titulaires possèdent des connaissances rationnelles en matière financière. »

L'un des dangers d'une industrie follement lancée dans une guerre des prix est qu'aucune compagnie ne veut être la première à faire un pas en avant et à faire ce qui est viable sur le plan financier. Toutes marchent d'un même pas, guidées par l'esprit du troupeau selon lequel « 100 000 moutons ne peuvent avoir tort ».

Le point le plus important du présent article – et on ne saurait trop insister – est que lorsque le prix d'un produit d'assurance s'écarte trop du prix considéré comme étant prudent sur le plan de la saine gestion du risque, cela risque de coûter très cher à l'assureur.

## APPLICATION DU PRINCIPE

Il est beaucoup plus facile de répondre au second type d'objection selon lequel la méthode dite du titulaire rationnel est difficile d'application sur le plan opérationnel. Tel qu'il est démontré ci-après, rien n'est plus faux.

### Généralités

Dans la présente section, nous illustrons de quelle façon le principe de tarification peut facilement être mis en œuvre. Pour ce faire, nous avons recours au logiciel *Mathematica*, mais l'utilisateur pourrait tout aussi bien utiliser le logiciel qu'il juge approprié.

Nous utilisons *Mathematica* principalement en raison de la facilité avec laquelle il permet d'illustrer des concepts mathématiques.

### Hypothèses

L'exemple se fonde sur les caractéristiques suivantes du produit :

- La GRM prévoit une période de sept ans pour effectuer des retraits mensuels égaux du fonds de la rente à capital variable.
- Le délai autorisé pour commencer les retraits est la période de sept ans commençant à la date d'entrée en vigueur de l'avenant.
- On suppose que le titulaire du contrat a acheté une action du titre sous-jacent, dont le cours initial est de 1 000,00.

- La garantie correspond à la valeur nette initiale du fonds, qui est de 1 000,00, et l'on suppose qu'aucun rachat partiel d'aucune sorte n'est effectué entre la date du dépôt initial et la date de commencement des retraits.
- On suppose que les retraits mensuels correspondent à un pourcentage fixe de la valeur nette initiale du fonds de 1 000,00.
- Aucune hypothèse relative aux frais n'est prise en compte dans les calculs (vraisemblablement, si les frais sont considérés comme étant un pourcentage du fonds, l'incidence de la prise en compte des frais pourrait être déterminée en modifiant de façon appropriée l'hypothèse relative au taux sans risque).
- Aucun taux de déchéance ou de mortalité ne sont pris en compte.

## PROCÉDURE D'APPLICATION AU MOYEN DE MATHEMATICA

### Valeur initiale du fonds

$$S_0 = 1000;$$

### Fonction d'accroissement du fonds

La formule indiquée ci-après donne la valeur du fonds au temps  $n$  et suppose que les retraits ont commencé au temps  $m$  ( $< n$ ).  $\mathcal{R}$  représente la valeur du fonds sous-jacent, qui est fonction des variations du cours de l'action, et  $\mathcal{P}$  représente le pourcentage fixe retiré chaque période. La démonstration de cette formule est donnée en annexe.

$$\mathcal{V}[\mathbf{n}_-, \mathbf{m}_-, \mathbf{r}_-, \mathbf{p}_-] := \mathcal{R}[[\mathbf{n}]] \left( 1 - S_0 \mathcal{P} \left( \sum_{j=m}^n \frac{1}{\mathcal{R}[[j]]} \right) \right)$$

### Matrice des accroissements du cours de l'action

Dans la présente section, nous créons une matrice servant à enregistrer les variations du cours de l'action sous-jacente du fonds de la rente à capital variable. La matrice comporte 1 000 lignes (car 1 000 simulations seront effectuées) ainsi que 360 colonnes représentant 360 périodes mensuelles.

Établissement du prix... | suite de la page 35

NOTA : Aux fins de l'exemple, seules 168 colonnes sont strictement nécessaires.

Nombre de simulations

```
rows = 1000;
```

Nombre de périodes (mensuelles)

```
columns = 360;
```

Définition d'une variable aléatoire normale centrée réduite

```
ndist = NormalDistribution[0,1];
```

Déclaration d'une matrice des valeurs simulées de la variable

```
StandMat = Table[0, {i, rows}, {j, columns}];
```

Remplissage de la matrice

```
Do[StandMat[[i, All]] = Table[Random[ndist], {columns}];, {i, rows}]
```

Déclaration du facteur périodique

$$\Delta t = \frac{1}{12};$$

Ajustement de la matrice des valeurs de la variable aléatoire normale centrée réduite

$$\mathbf{StandMat} *= \sqrt{\Delta t}$$

Déclaration d'une matrice servant à enregistrer le total cumulé de la matrice susmentionnée

```
RunStandMat = Table[0, {i, rows}, {j, columns}];
```

Remplissage de la matrice

```
Do[prev = 0.; Do[RunStandMat[[i, j]] = prev + StandMat[[i, j]]; prev = RunStandMat[[i, j]]; , {j, columns}];, {i, rows}]
```

## MATRICE DES ACCROISSEMENTS DU FONDS

Dans la présente section, nous définissons une matrice des valeurs du fonds, en se servant comme point de départ des résultats précédents.

Tout d'abord, nous définissons la fonction d'accroissement du fonds au moyen des variables suivantes :

t = temps écoulé depuis l'entrée en vigueur de l'avenant  
 $\omega$  = variable normale centrée réduite, ajustée et cumulative  
s = volatilité présumée des rendements du fonds  
r = taux sans risque

La formule utilisée pour décrire le cours de l'action est celle que l'on utilise couramment dans les ouvrages portant sur la tarification des produits dérivés, à savoir le mouvement brownien géométrique.

Formule d'accroissement du fonds

$$fS[t \_, \omega \_, s \_, r \_] := S_0 e^{(r - \frac{s^2}{2})t + s\omega}$$

Déclaration de la matrice des accroissements du fonds

```
AccumMat = Table[0, {i, rows}, {j, columns}];
```

Déclaration du taux sans risque et de la volatilité

```
rate = 0.04;  $\sigma$  = 0.25;
```

Remplissage de la matrice des accroissements du fonds

```
Do[Do[AccumMat[[i, j]] = fS[j $\Delta$ t, RunStandMat[[i, j]],  $\sigma$ , rate];, {j, columns}];, {i, rows}]
```

## APPLICATION DE L'HYPOTHÈSE DITE DU TITULAIRE DE CONTRAT RATIONNEL

Période de retrait (en années)

```
years = 7;
```

Taux de retrait

$$WR = \frac{1}{years} \Delta t;$$

Délai autorisé pour commencer les retraits (en mois)

$$WO = \frac{years}{\Delta t};$$

Période pour les retraits (en mois)

$$Per = \frac{years}{\Delta t};$$

Vecteur des prix possibles, fondé sur la date de commencement des retraits

```
VecPrice = Table[0, {i, WO}];
```

Retraits cumulatifs au temps n

```
AccWith[n_, P_] := n P S0
```

Détermination de la question de savoir s'il doit y avoir paiement au titre de la garantie, et, le cas échéant, le montant du paiement

```
DetClaim[n_, m_, R_, P_] := If[V
[n, m, R, P] ≤ 0, Max[0, S0 - AccWith
[n - m, P]], 0]
```

Calcul du paiement et du prix

Il s'agit de la partie centrale du calcul, qui permet de déterminer le prix de la GRM sous la forme d'une prime unique nette.

```
Do[Do[Do[RR = AccumMat[[i, Range
[Per + WO]]];
VecPrice[[j]] += e-rate (j+k-1) Δt
DetClaim[j + k - 1, j, RR, WR] /
/ rows;
If[DetClaim[j + k - 1, j, RR, WR]
> 0, Break[]];, {k, Per}];,
{i, rows}];, {j, WO}]
```

Affichage de tous les prix possibles, selon l'ordre chronologique des dates de commencement des retraits

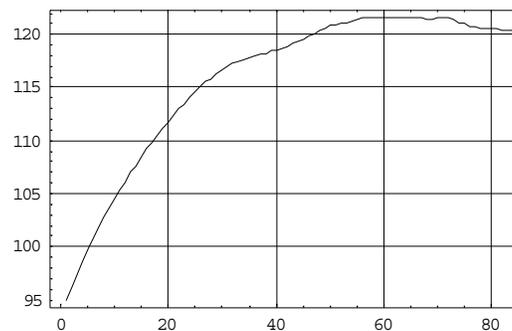
```
VecPrice
{94.9323, 96.12, 97.3166, 98.4641, 99.6454, 100.
713, 101.729, 102.741, 103.663, 104.547, 105.285, 1
06.062, 106.997, 107.625, 108.458, 109.278, 109.8
52, 110.438, 111.107, 111.644, 112.295, 112.964, 11
3.396, 114.095, 114.649, 115.003, 115.583, 115.776
, 116.358, 116.683, 116.935, 117.254, 117.498, 117.
598, 117.746, 118.016, 118.225, 118.135, 118.45, 11
8.528, 118.74, 118.914, 119.099, 119.42, 119.519, 1
19.826, 120.105, 120.373, 120.486, 120.816, 120.83
6, 120.98, 121.097, 121.29, 121.453, 121.509, 121.5
66, 121.494, 121.609, 121.503, 121.588, 121.568, 12
```

```
1.521, 121.617, 121.547, 121.586, 121.632, 121.481
, 121.436, 121.606, 121.492, 121.505, 121.338, 121.
124, 121.08, 120.77, 120.724, 120.529, 120.528, 120
.562, 120.511, 120.447, 120.43, 120.446}
```

Illustration graphique des prix obtenus

```
ListPlot[VecPrice, Frame-True, PlotJoined-
True, GridLines-Automatic]
```

□ Graphics □



Détermination du prix de la GRM comme étant le plus élevé des prix possibles

Un examen du graphique nous permet de déterminer approximativement où se situe la valeur maximale des prix possibles. Cette valeur peut être déterminée précisément au moyen de la routine suivante :

```
Price = 0.;
Do[Price = Max[Price, VecPrice[[i]]];,
{i, WO}]
```

Il s'agit en fait du prix de l'avenant :

```
Price
121.632
```

Voici maintenant le mois du commencement des retraits qui correspond à la valeur maximale des prix possibles :

```
Position[VecPrice, Price][[1, 1]]
67
```

Établissement du prix... | suite de la page 37

## CONCLUSION

Dans le cas d'un produit aussi demandé que la GRM, il importe que l'assureur soit pleinement conscient des implications de la garantie sur le plan de la gestion du risque. Plus le volume des ventes est élevé, plus grande est la probabilité que l'assureur subisse des pertes importantes si le prix de la garantie s'avère insuffisant.

Le principe proposé dans le présent article donne lieu à une méthode rigoureuse, défendable et facile d'application qui permet d'assurer la viabilité financière des GRM. ♦

# Démonstration de la formule d'accroissement du fonds

**LA DÉMONSTRATION SUPPOSE** que les retraits sont effectués au début de chaque période.

## TEMPS $m$

Supposons que le fonds est examiné au temps  $m$ , immédiatement après que le premier retrait ait été effectué. Le fonds sera identiquement égal à la valeur du cours de l'action, moins le montant du retrait :

$$R[[m]] - PS_0 \equiv R[[m]] - PS_0 \frac{R[[m]]}{R[[m]]}$$

## TEMPS $m+1$

Ensuite, supposons que nous passons au temps  $m+1$ . La valeur du fonds aurait changé en fonction des variations du marché, et le second retrait serait effectué. Nous aurions maintenant le résultat suivant :

$$R[[m]](1+r) - PS_0 \frac{R[[m]]}{R[[m]]}(1+r) - PS_0 \equiv R[[m+1]] - PS_0 \frac{R[[m+1]]}{R[[m]]} - PS_0 \frac{R[[m+1]]}{R[[m+1]]}$$

## TEMPS $m+2$

Au temps  $m+2$ , la valeur du fonds aurait de nouveau changé en fonction des variations du marché, et le troisième retrait serait effectué :

$$R[[m+1]](1+r) - PS_0 \frac{R[[m+1]]}{R[[m]]}(1+r) - PS_0 \frac{R[[m+1]]}{R[[m+1]]}(1+r) - PS_0 \equiv R[[m+2]] - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m]]} - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m+1]]} - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m+2]]}$$

### TIME $m + 3$

De la même façon pour le temps  $m + 3$ , la valeur du fonds changerait en fonction des variations du marché, et le quatrième retrait serait effectué, ce qui donnerait :

$$\begin{aligned}
 &R[[m+2]](1+r_3) - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m]]} (1+r_3) - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m+1]]} (1+r_3) - PS_0 \frac{R[[m+2]]}{R[[m+2]]} (1+r_3) \\
 &- PS_0 \equiv R[[m+3]] - PS_0 \frac{R[[m+3]]}{R[[m]]} - PS_0 \frac{R[[m+3]]}{R[[m+1]]} - PS_0 \frac{R[[m+3]]}{R[[m+2]]} - PS_0 \frac{R[[m+3]]}{R[[m+3]]}
 \end{aligned}$$

### TEMPS $n (\geq m)$

Une simple induction permet de dériver la formule généralisée pour le temps  $n \geq m$  :

$$R[[n]] \left( 1 - PS_0 \sum_{j=m}^n \frac{1}{R[[j]]} \right)$$

# La communication d'informations sur les risques et la crise du crédit

par Parr Schoolman

**DEPUIS JANVIER 1997**, la SEC oblige les sociétés ouvertes à publier de l'information quantitative sur leur exposition au risque de marché. En réponse à cette exigence, les grandes banques présentent depuis lors dans leurs états financiers des informations qui se fondent sur la valeur à risque. Depuis peu on constate une augmentation de la quantité d'information divulguée, ce qui permet aux utilisateurs de faire une comparaison détaillée entre les taux de rendement observés quotidiennement et les valeurs à risque (VaR) quotidiennes relativement à la partie concernée du portefeuille de négociation de la banque. Toutefois, on ne présente toujours pas de rapprochement avec l'information publiée.



**Parr Schoolman, FCAS, MAAA**, est premier vice-président auprès d'Aon Benfield Analytics à Chicago, (IL). On peut le joindre à [parr.schoolman@aonbenfield.com](mailto:parr.schoolman@aonbenfield.com).

Depuis la récente publication des estimations de pertes découlant des simulations de crise qui ont été effectuées dans le cadre du Supervisory Capital Assessment Program (SCAP) de la Réserve fédérale, les grandes banques disposent maintenant d'une autre mesure de risque. Figure ci-après un résumé des VaR que J.P. Morgan, Citigroup et Goldman Sachs ont publiées dans leur rapport annuel de 2008, de même qu'une comparaison de ces mesures avec lesdites estimations de pertes publiées en mai dernier.

## MESURES DE LA VAR PUBLIÉES EN 2008

Le tableau 1 indique une augmentation importante des VaR, en 2008, dans le cas des trois grandes banques. En termes nominaux, les VaR ont augmenté de 82 % à 208 %, et, par

rapport à l'actif total déclaré au bilan, les hausses ont été de l'ordre de 115 % à 131 %.

Si l'on observe des mesures de risque plus simplistes, l'on constate que le levier de l'actif en fin d'exercice 2008 a baissé dans le cas de Citigroup et de Goldman Sachs, mais qu'il est demeuré inchangé par rapport à la valeur observée à pareille date en 2007 dans le cas de J.P. Morgan. Bien que ce ratio de levier simpliste pose de nombreux problèmes en raison du traitement comptable des structures hors bilan et des instruments dérivés, il permet d'apprécier rapidement l'importance du problème que pose pour les banques une dépréciation générale de l'actif relativement à divers niveaux de fonds propres évalués à leur valeur marchande.

Par ailleurs, les VaR quotidiennes de ces banques sont très faibles par rapport à l'actif déclaré au bilan, s'élevant de 1,5 à 1,6 point de base dans le cas de J.P. Morgan et de Citigroup, et à 2,8 points de base dans le cas de Goldman Sachs. À titre de comparaison, l'écart-type des taux de rendement quotidiens du S&P 500 était, en 2008, de 2,6 %, soit 260 points de base.

Les VaR quotidiennes sont également faibles si on les compare aux pertes déclarées en 2008 qui découlent de la crise du crédit. Selon Bloomberg, les dépréciations attribuables à la crise du crédit se sont élevées, en 2008, à 41 G\$, 102 G\$ et 8 G\$, respectivement, pour J.P. Morgan, Citigroup et Goldman Sachs. Si l'on compare les VaR quotidiennes à ces dépréciations, il faudrait 204 et 376 jours consécutifs, d'une probabilité de 1 sur 100, pour atteindre les pertes enregistrées respectivement par J.P. Morgan et Citigroup, et 44 jours consécutifs, d'une probabilité de 1 sur 20, pour atteindre le montant des dépréciations enregistrées par Goldman Sachs.

**Tableau 1: Comparaison des mesures de risque**

|  | JPMorgan                |                         |           | Citigroup               |                         |           | Goldman Sachs           |                         |           |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------|
|  | 2008                    | 2007                    | Variation | 2008                    | 2007                    | Variation | 2008                    | 2007                    | Variation |
| Bénéfice net déclaré en 2008 (en G\$)          | 5,6                     | 15,4                    |           | -27,7                   | 3,6                     |           | 2,0                     | 11,4                    |           |
| Capitaux propres en fin d'exercice (en G\$)    | 166,9                   | 123,2                   | 35,4 %    | 142,0                   | 113,0                   | 25,7 %    | 64,4                    | 42,8                    | 50,5 %    |
| Actif total déclaré en fin d'exercice (en G\$) | 2 175,1                 | 1 562,1                 | 39,2 %    | 1,938,5                 | 2,187,0                 | -11,4 %   | 884,5                   | 1,119,8                 | -21,0 %   |
| Levier de l'actif publié                       | 13                      | 13                      |           | 14                      | 19                      |           | 14                      | 26                      |           |
|  | VaR 99 %<br>quotidienne | VaR 99 %<br>quotidienne |           | VaR 99 %<br>quotidienne | VaR 99 %<br>quotidienne |           | VaR 95 %<br>quotidienne | VaR 95 %<br>quotidienne |           |
| VaR publiée                                    |                         |                         |           |                         |                         |           |                         |                         |           |
| Fin d'exercice (en M\$)                        | 317                     | 103                     | 207,8 %   | 311                     | 163                     | 90,8 %    | 244                     | 134                     | 82,1 %    |
| Moyenne (en M\$)                               | 202                     | 106                     | 90,6 %    | 271                     | 123                     | 120,3 %   | 180                     | 138                     | 30,4 %    |
| VaR/actif déclaré en fin d'exercice            | 0,015%                  | 0,007%                  | 121,0 %   | 0,016%                  | 0,007%                  | 115,3 %   | 0,028%                  | 0,012%                  | 130,5 %   |
| VaR/capitaux propres déclarés fin exercice     | 0,190%                  | 0,084%                  | 127,2 %   | 0,219%                  | 0,144%                  | 51,8 %    | 0,379%                  | 0,313%                  | 21,0 %    |

« ...une augmentation importante des VaR en 2008...  
En termes nominaux, les VaR ont augmenté de 82 % à 208 %... »

**Tableau 2 : Comparaison des VaR et des dépréciations**

|   | JP Morgan | Citigroup | Goldman Sachs |
|---|-----------|-----------|---------------|
| VaR quotidienne moyenne en 2008 (en G\$)                            | 0,20      | 0,27      | 0,18          |
| Cumul des dépréciations attribuables à la crise du crédit (en G\$)* | 41,2      | 101,8     | 7,9           |
| Cumul des dépréciations déclarées/VaR moyenne de 2008               | 204       | 376       | 44            |

\* Source : Bloomberg. Valeurs en date du 30 juin 2009

Vu l'absence d'information concernant la partie du portefeuille total que la VaR est censée représenter et l'absence de rapprochement avec les résultats financiers publiés, il est difficile d'évaluer ces VaR quotidiennes d'une institution à l'autre et de les comparer avec d'autres mesures du risque de marché.

## AUTRES MESURES DE RISQUE PUBLIÉES

En 2008, ces trois institutions ont publié de nouvelles informations concernant le rendement quotidien du portefeuille de négociation sur lequel les VaR se fondent. Citigroup n'a publié que les résultats de 2008, tandis que J.P. Morgan et Goldman Sachs ont divulgué ceux de 2007 et de 2008. Le nombre déclaré de jours de pertes de négociation a augmenté dans le cas de J.P. Morgan et de Goldman Sachs, qui ont toutes deux déclaré 97 jours de pertes de négociation en 2008, comparativement à 46 et 52 jours, respectivement, en 2007. Citigroup a déclaré 109 jours de pertes de négociation pour 2008, mais elle n'a pas publié de mesures de rendement semblables pour 2007.

Ce rapport quotidien donne une mesure du caractère raisonnable de la méthode, en ce sens qu'une VAR à 99 % indique que l'on devrait observer 2,6 jours où la mesure sera dépassée, tandis qu'une VAR à 95 % indique qu'il devrait y avoir 13 jours où ce seuil sera dépassé, et c'est ce qu'indiquent les données publiées par J.P. Morgan et Goldman Sachs pour 2008. Bien que le nombre de jours de pertes de négociation soit en hausse dans le cas de J.P. Morgan et de Goldman Sachs, le nombre de jours où le seuil de la VAR a été dépassé a baissé.

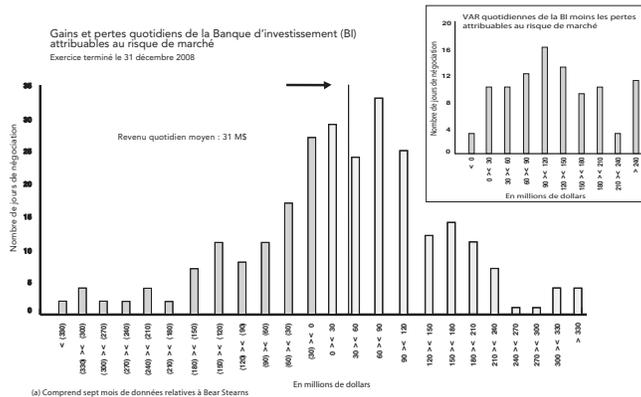
**Tableau 3 : Résultats quotidiens des portefeuilles de négociation**

|                           | JPMorgan |      | Citigroup |      | Goldman Sachs |      |
|---------------------------|----------|------|-----------|------|---------------|------|
|                           | 2008     | 2007 | 2008      | 2007 | 2008          | 2007 |
| Nombre de jours de gains  | 165      | 215  | 151       | *    | 162           | 218  |
| Nombre de jours de pertes | 97       | 46   | 109       | *    | 97            | 52   |
| Total                     | 262      | 261  | 260       | *    | 259           | 270  |
| Nombre de jours > VaR     | 3        | 8    | *         | *    | 13            | 10   |

\* Données non publiées

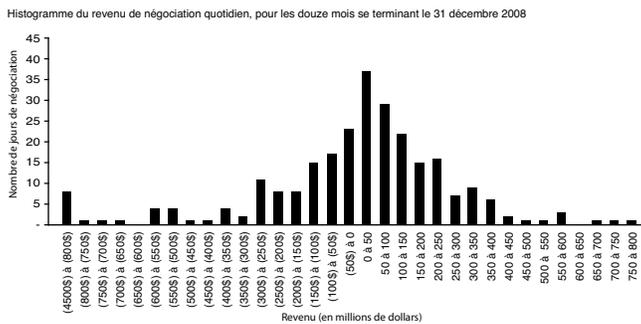
La communication d'informations... | suite de la page 41

### 1- Gains et pertes quotidiens liés au risque de marché



L'histogramme de J.P. Morgan indique le nombre de jours où les gains et pertes se sont situés à l'intérieur d'un certain intervalle. Le revenu quotidien moyen pour 2008 a été 31 M\$. Le second graphique indique le montant par lequel la VaR à 99 % a été supérieure à la perte observée les jours de perte, ce qui s'est produit trois fois en 2008.

### 2- Revenus de négociation quotidiens de Citigroup

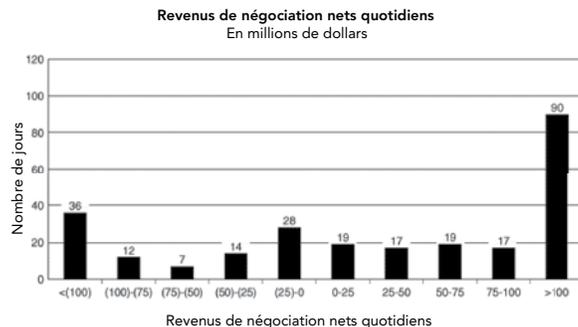


Les données de Citigroup produisent un graphique semblable, mais elles indiquent une plus grande étendue de la distribution des pertes que dans le cas de J.P. Morgan. Le fait que le rectangle le plus à gauche de la distribution corresponde à des pertes de l'ordre de 800 M\$ à 4 500 M\$ montre bien pourquoi bon nombre d'actuaire préfèrent utiliser la VaR conditionnelle plutôt que la VaR. La VaR conditionnelle se fonde sur la valeur attendue des événements au-delà d'un certain seuil de pertes, plutôt que seulement la perte correspondant au seuil choisi qu'utilise la VaR. Elle tient mieux compte des probabilités de pertes de cette distribution à extrémité de l'aile épaisse.

### Revenus de négociation quotidiens de Goldman Sachs

Distribution des revenus nets de négociation

Le graphique ci-dessous indique la distribution des fréquences de nos revenus nets de négociation pour l'exercice terminé en novembre 2008, en ce qui concerne la plus grande partie des titres du portefeuille inclus dans la VAR



L'histogramme de Goldman Sachs renferme moins de catégories et moins d'information sur l'extrémité de l'aile de la distribution que les précédents, ne donnant des informations que sur les revenus de l'ordre de plus ou moins 100 M\$. Toutefois, on peut néanmoins constater que la nature du portefeuille de négociation de Goldman Sachs diffère de celle de J.P. Morgan et de Citigroup.

En plus de ces données sommaires sur les gains et pertes, ces grandes banques ont publié de l'information sur le nombre de jours de gains et pertes d'une certaine importance.

« Si l'on compare les VaR quotidiennes à ces dépréciations, il faudrait 204 et 376 jours consécutifs, d'une probabilité de 1 sur 100, pour atteindre les pertes enregistrées respectivement par J.P. Morgan et Citigroup... »

Depuis la publication quotidienne de ces distributions, les investisseurs disposent maintenant davantage d'information sur la nature de la distribution des rendements quotidiens, mais, ici encore, un rapprochement avec les résultats financiers annuels permettrait d'accroître l'utilité de l'information.

### COMPARAISON DES DONNÉES SUR LA VaR AVEC LES ESTIMATIONS DE PERTES AU TITRE DU SCAP

Le 7 mai dernier, le Conseil des gouverneurs de la Réserve fédérale américaine a publié son rapport sommaire sur le SCAP. Ce programme consistait à évaluer l'adéquation des fonds propres des 19 plus importantes sociétés de portefeuille bancaire aux É.-U., au moyen de simulations de crise normalisées. Ces simulations consistaient à estimer les pertes sur deux ans selon un scénario macroéconomique « de base » et selon un scénario « plus défavorable ». Les institutions participantes devaient estimer leurs pertes éventuelles sur prêts, valeurs mobilières et positions de négociation, que les autorités utilisaient de concert avec des valeurs de référence indépendantes pour produire leur propre estimation des pertes. Selon le scénario « plus défavorable », le total des pertes sur deux ans pour l'ensemble des 19 sociétés s'est élevé à 599 G\$.

Le tableau 4 établit une comparaison entre les estimations de pertes des trois banques qui découlent du scénario dit « plus défavorable » et les VaR quotidiennes correspondantes que ces banques ont publiées. Le total des pertes estimées s'élève à 97,4 G\$ dans le cas de J.P. Morgan, et de 104,7 G\$ et 17,8 G\$, respectivement, dans le cas de Citigroup et de Goldman Sachs. Ces estimations ne peuvent être comparées directement avec la plupart des VaR publiées, car, en règle générale, le calcul des VaR ne porte que sur le portefeuille de négociation des banques.

Par chance, les estimations de pertes du SCAP étaient suffisamment détaillées pour permettre de distinguer les pertes liées à l'activité de prêts de celles découlant de l'activité de négociation et des opérations sur valeurs mobilières. Une comparaison plus réaliste consisterait à utiliser la partie des estimations de pertes du SCAP qui a été attribuée à l'activité de négociation et aux opérations sur valeurs mobilières. Les estimations de pertes du SCAP correspondant à l'activité de négociation et aux opérations sur valeurs mobilières sont de 17,9 G\$, 25,3 G\$ et 17,5 G\$, respectivement, pour J.P. Morgan, Citigroup et Goldman Sachs. Cette mesure indique nettement que J.P. Morgan et Citigroup ont une plus grande exposition aux prêts hypothécaires et aux prêts commerciaux

**Tableau 4 : Comparaison des estimations de pertes découlant des simulations de crise du SCAP avec les VaR**

|   | JP Morgan                 | Citigroup                 | Goldman Sachs             |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Estimations des pertes dans le cadre du SCAP (G\$)                | 97,4                      | 104,7                     | 17,8                      |
| % de l'actif en fin d'exercice 2008                               | 4,5 %                     | 5,4 %                     | 2,0 %                     |
| % des capitaux propres en fin d'exercice 2008                     | 58,4 %                    | 73,7 %                    | 27,6 %                    |
| Taux de perte total sur prêts                                     | 10,0 %                    | 10,9 %                    | 0,9 %                     |
| Estimations pertes du SCAP négociation + valeurs mobilières (G\$) | 17,9                      | 25,3                      | 17,5                      |
| VaR en fin d'exercice 2008 (G\$)                                  | 0,317                     | 0,311                     | 0,244                     |
| VaR publiée   |                           |                           |                           |
|   | VaR à 99 %<br>quotidienne | VaR à 99 %<br>quotidienne | VaR à 95 %<br>quotidienne |
| Estimation de la VaR annualisée (G\$)                             | 5,1                       | 5,0                       | 3,9                       |
| Estimation de la VaR sur deux ans (G\$)                           | 7,2                       | 7,1                       | 5,6                       |
| Estimation de la VaR 99,9 % sur deux ans (G\$)                    | 9,6                       | 9,4                       | 10,5                      |
| Rapport des pertes de négociation du SCAP à la VaR à 99,9 %       | 1,9                       | 2,7                       | 1,7                       |
| Autocorrélation quotidienne requise de la VaR à 99,9 %            | 55 %                      | 76                        | 48 %                      |

que l'autre banque, tandis que l'estimation des pertes de Goldman Sachs découlant des simulations de crise dépend dans une grande mesure de cette partie des simulations qui se rapporte à l'activité de négociation et aux opérations sur valeurs mobilières.

Les VaR quotidiennes correspondantes publiées à la fin de l'exercice 2008 étaient de 317 M\$, de 311 M\$ et de 244 M\$ pour les trois grandes banques à l'étude. J.P. Morgan et Citigroup publient une VaR à 99 %, tandis que Goldman Sachs publie une VaR à 95 %. Afin que les VaR quotidiennes correspondent à la même période de référence que les estimations de pertes sur deux ans effectuées dans le cadre du SCAP, il est nécessaire de les convertir.

Nous supposons que les taux de rendement quotidiens sont indépendants, ce qui nous permet d'estimer la VaR annuelle comme étant la somme des VaR quotidiennes. La relation existant entre une VaR quotidienne et une VaR de  $n$  jours peut être définie comme suit<sup>1</sup> :

$$\text{VaR}_{99\%}(D_n) = \text{VaR}_{99\%}(D) \sqrt{n} = 2.326 \sigma \sqrt{n}$$

Pour une période de référence d'un an, et à supposer qu'il y ait 260 jours de négociation dans une année, le multiplicateur de la VaR quotidienne est égal à

$$\sqrt{260} = 16.1$$

Dans le cas d'une période de référence de deux ans, le multiplicateur de la VaR quotidienne est égal à

$$\sqrt{520} = 22.8$$

Nous pourrions appliquer le même ajustement dans le cas d'une VaR à 95 % – c'est ce qu'utilise Goldman Sachs –, en remplaçant 2,326 par 1,645 dans la formule précédente. Nous pourrions aussi apporter un autre ajustement qui consiste à porter la période des rendements au seuil de 99,9 %, afin de

SUITE À LA PAGE 44

nous conformer à ce que les institutions utilisent pour évaluer les fonds propres conformément à Bâle II.

$$\text{VaR}_{99,9\%}(D) = 3.090\sigma$$

Les estimations correspondantes sur deux ans de la VaR 99,9% sont donc égales à 9,6 G\$, 9,4 G\$ et 10,5 G\$, respectivement, pour J.P. Morgan, Citigroup et Goldman Sachs. Les estimations de pertes de négociation du SCAP correspondent à 1,9, 1,7 et 2,7 fois cette VaR ajustée.

Nous pourrions relâcher l'hypothèse d'indépendance des taux de rendement quotidiens et prendre en compte une autocorrélation avec décalage d'un jour, où la corrélation entre les pertes d'une journée particulière et les pertes de la journée suivante est désignée par  $\rho$ , la corrélation avec décalage de deux jours est désignée par  $\rho^2$ , et la corrélation avec décalage de  $N$  jours est représentée par  $\rho^N$ . L'écart-type des taux de rendement sur deux ans devient donc

$$\sqrt{N + 2 \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \rho^i}$$

La dernière ligne du tableau 4 indique les coefficients d'autocorrélation quotidienne ( $\rho$ ) permettant de produire les estimations de pertes du SCAP, soit, respectivement, 55 %, 76 % et 48 %.

Ces conversions simplistes des VaR quotidiennes sont loin de représenter la réalité. La volatilité des marchés n'est pas constante au fil du temps, comme c'est le cas d'ailleurs de la composition du portefeuille des banques. De plus, bien que l'hypothèse de normalité permette de simplifier les calculs mathématiques, elle entraîne une sous-estimation de la probabilité de variations quotidiennes extrêmes. Enfin, les VaR publiées ne sont pas constantes, ce qui pourrait limiter leur utilité, car l'information pourrait être périmée au moment de sa publication. Néanmoins, les estimations de pertes du SCAP semblent être plus prudentes que les VaR quotidiennes ne le laissent entendre.

### CONCLUSION

Les grandes banques produisent maintenant une meilleure information sur les risques. La publication des taux de rendement quotidiens qui correspondent aux VaR quotidiennes publiées renseignent le lecteur sur le nombre de fois où les

VaR ont été dépassées, et les estimations de pertes du SCAP constituent une autre mesure ponctuelle d'estimation du risque. Toutefois, en l'absence d'information concernant la partie du portefeuille qui est prise en compte dans le calcul de la VaR ou d'un rapprochement avec les modèles internes utilisés aux fins de l'application des exigences réglementaires de capital prévues dans Bâle II, les investisseurs et les contreparties ne disposent toujours pas de toute l'information dont ils ont besoin pour utiliser les données publiées afin d'évaluer l'adéquation des fonds propres des banques.

Il serait possible de publier de l'information plus utile en se fondant sur le tableau qu'a présenté J.P. Morgan dans son rapport annuel de 2008, qui tente de faire un rapprochement entre le capital économique de la banque et le total de ses capitaux propres calculés selon les PCGR.

**Tableau 5 – Information sur le capital économique de JP Morgan**

| Capital économique (en G\$)                    | Moyenne annuelle |              |
|--|------------------|--------------|
|  | 2008             | 2007         |
| Risque de crédit                               | 37,8 \$          | 30           |
| Risque de marché                               | 10,5             | 9,5          |
| Risque opérationnel                            | 6,3              | 5,6          |
| Risque lié aux capitaux propres                | 5,3              | 3,7          |
| Capital économique                             | 59,9             | 48,8         |
| Survaleur                                      | 46,1             | 45,2         |
| Divers <sup>(a)</sup>                          | 23,1             | 24,7         |
| <b>Total avoir des actionnaires ordinaires</b> | <b>129,1 \$</b>  | <b>118,7</b> |

(a) Tient compte des capitaux supplémentaires dont l'institution estime avoir besoin pour répondre aux exigences réglementaires et à ses objectifs en matière de cote de solvabilité.

JP Morgan Chase – Rapport annuel 2008, p.82

Pour pouvoir produire de l'information plus utile sur les risques, il faudrait d'abord commencer par établir un rapprochement entre le capital économique et les capitaux propres calculés selon les PCGR. Cependant, la composante du capital économique liée au risque de marché, qui s'élève à 10,5 G\$, doit être comparable à la VaR publiée, et l'absence de rapprochement entre ces deux valeurs limite leur utilité. La présentation d'un meilleur rapprochement entre les VaR et les mesures de rentabilité et de fonds propres est un objectif louable et quelque chose que les institutions financières devraient chercher à réaliser dans leurs efforts visant à garantir une plus grande transparence aux investisseurs. ♦

<sup>1</sup> Nous supposons que le rendement quotidien (D) suit une loi normale de variance constante, où  $D \sim N(0, \sigma)$ .

Pour  $N(0,1)$

$$\begin{aligned} Z_{99\%} &= \Phi^{-1}(99\%) && \text{dans Excel, NORMINV}(0,99,0,1) \\ \text{Pour } N(0, \sigma) &&& \\ \text{VaR}_{99\%} &= Z_{99\%} * \sigma && \\ \text{VaR}_{99\%}(D) &= 2,326\sigma && \end{aligned}$$

Dans le cas d'une VaR correspondant à  $n$  jours, où la variance est constante et les taux de rendement quotidiens sont indépendants :

$$\begin{aligned} \text{Écart-type } (D_n) &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2} = \sigma\sqrt{n} \\ \text{VaR}_{99\%}(D_n) &= 2,326 \sigma\sqrt{n} \\ \text{VaR}_{99,9\%}(D_n) &= 3,09 \sigma\sqrt{n} \end{aligned}$$

# Une mauvaise culture peut-elle tuer une entreprise?

par Stephen W. Hiemstra

## UNE MAUVAISE CULTURE PEUT-ELLE TUER UNE ENTREPRISE?

Oui, malheureusement. Lorsque la culture est déficiente, les entreprises s'exposent à des risques qui ont déjà fait l'objet d'analyses et de mesures d'atténuation. Dans mes deux derniers articles sur la question (se reporter aux numéros de décembre 2008 et de juin 2009 de *Gestion du risque*), j'ai cité des études de cas décrivant comment l'évolution des marchés et les changements organisationnels nuisaient aux décisions en matière de gestion du risque, et j'ai analysé la façon dont les influences culturelles pouvaient nuire au savoir et compromettre la gestion du risque. Dans le présent article, je donne des recommandations visant à faire face aux problèmes liés à la culture, qui s'adressent plus particulièrement aux institutions financières de grande taille.

## CRÉER UN ESPRIT DE CORPS

*Définir soigneusement une vision pour l'entreprise.*

La création d'un esprit de corps est une stratégie intentionnelle visant à compenser l'inertie organisationnelle qu'entraînent les coûts élevés des décisions et leur augmentation incessante. Le rythme rapide des changements à l'heure d'Internet vient accroître l'importance que revêt l'adaptation aux changements.

Les gestionnaires et les employés doivent être au courant des objectifs de l'entreprise et être en mesure de prévoir comment celle-ci réagira face à l'évolution de la situation. En matière de gestion du risque, le mieux serait d'agir à la manière du joueur de basketball qui, d'instinct, passe le ballon à l'un de ses coéquipiers lorsqu'il voit que celui-ci a une belle occasion de marquer et se place immédiatement en position défensive lorsque que l'autre équipe prend possession du ballon.

## TIRER LES BONNES LEÇONS DES ERREURS COMMISES

*Il faut apprendre de nos erreurs et tourner la page.*

Il est de plus en plus important de pouvoir tirer les bonnes leçons de l'expérience. L'ère de l'Internet donne lieu à des situations conflictuelles dans les entreprises postmodernes. L'évolution des marchés s'est accrue à un rythme sans précédent, car l'Internet a permis aux entreprises de se développer à l'échelle internationale. Les possibilités et les menaces naissent et disparaissent à un rythme toujours plus rapide, ce qui augmente le besoin de prendre des décisions de même que les possibilités de commettre des erreurs. Dans



le contexte d'aujourd'hui, la capacité, pour une entreprise, de s'adapter et d'apprendre rapidement revêt une importance grandissante à un moment où les tendances culturelles témoignent d'une lente adaptation et d'une augmentation des coûts liés à la prise de décision.

La préférence à l'égard des processus démocratiques dans les entreprises postmodernes vient augmenter le coût des décisions (Buchanan et Tullock, 1974, p. 96-116). Cette augmentation des coûts a pour effet de décourager la prise de décisions rationnelles, mais les processus décisionnels participatifs permettent éventuellement de prendre de meilleures décisions et de faciliter l'acceptation des décisions prises. Le désavantage, c'est que les décisions restent longtemps en vigueur en raison de leur coût élevé.

Le coût élevé des décisions organisationnelles est amplifié lorsque les décisions sont mal appliquées ou qu'elles se fondent sur des prévisions erronées<sup>1</sup>. Les décisions ayant entraîné des pertes laissent une plus grande empreinte dans la culture d'une entreprise que ne le font les décisions rentables, car les coûts initiaux sont ajoutés aux coûts finaux (les pertes) et ne sont pas compensés par des gains. Il importe donc de tirer les bonnes leçons.

Mais quelles sont les bonnes leçons? Si le problème découle d'une mauvaise application des décisions, la meilleure solution consiste à en assurer



**Stephen W. Hiemstra,**  
ingénieur financier, vit à  
Centreville, en Virginie.  
On peut le joindre à  
[Hiemstra@yahoo.com](mailto:Hiemstra@yahoo.com).

SUITE À LA **PAGE 46**

<sup>1</sup> Dans un élan de dénigrement à l'endroit des agences de notation et des quatre grands cabinets comptables, Bert Ely (2009, p. 97) a écrit [traduction] : *Bien que la division du travail puisse expliquer en grande partie le recours actuel à l'opinion d'expert ... l'analyse financière et juridique d'opérations financières complexes est un travail difficile et éprouvant qui demande éventuellement beaucoup de temps et qui, par conséquent, coûte cher.*

Une mauvaise culture... | suite de la page 45

une meilleure application. S'il découle de mauvaises prévisions, la meilleure solution consiste à rectifier le processus prévisionnel. Si l'entreprise embauche et motive de bons employés, l'adoption de mesures visant le personnel ne constitue sans doute pas le meilleur moyen de résoudre les difficultés d'ordre organisationnel, car le personnel et les gestionnaires en place appliquent les leçons apprises en s'adaptant au milieu en évolution.

### DÉFINIR DES CONDITIONS DÈS LE DÉBUT

*Définir un seuil de tolérance au risque pour chacune des activités économiques et arrêter une date pour la révision des décisions.*

L'inertie organisationnelle découle du fait que le fardeau de la preuve en fait de détection des problèmes repose sur les épaules du gestionnaire du risque, ce qui envoie un mauvais message incitatif. Les deux principales stratégies permettant de vaincre l'inertie organisationnelle consistent à faire passer

naires du risque n'ont qu'à mesurer le risque lié à certains projets avant de pouvoir rencontrer la haute direction. Nul besoin d'apprécier les mérites d'un projet particulier. Ensuite, afin de prouver qu'il vaille la peine d'aller de l'avant avec le projet, les promoteurs doivent couvrir les risques qui en découlent.

Les conditions en matière de gestion du risque fonctionnent de la même manière, mais dans un contexte différent. Une condition en matière de gestion du risque est une instruction rédigée dans une langue claire, au moment de la prise de décision, et qui sert à préciser la date de révision obligatoire de la décision<sup>2</sup>. En d'autres termes, des conditions sont rattachées aux décisions au moment où celles-ci sont prises afin qu'elles ne soient pas appliquées ultérieurement hors contexte. Dans le cas de logiciels, ces conditions pourraient figurer dans le code informatique, dans la partie des commentaires. Dans le cas de modèles, ces conditions pourraient se trouver dans les premières pages de la documentation interne. Pour ce qui est des documents de décision ou des contrats, elles pourraient figurer, dans le cas de chacune des décisions, à titre de modèle de message qu'exigent les avocats chargés de la rédaction des documents.

### SE SERVIR DE DIVISIONS CONCURRENTES POUR CRÉER DE L'INFORMATION

*Créer de l'information décisionnelle dans le cadre des activités commerciales essentielles à la mission en fixant les prix en fonction du risque et en répartissant le capital de façon concurrentielle entre les diverses divisions.*

La croissance de la taille des entreprises s'est accompagnée d'un manque d'adhérents aux marchés, ce qui a accentué le problème de la léthargie culturelle en réduisant le contenu informationnel des prix du marché. Puisque les marchés sont en concurrence avec les processus internes de l'entreprise, le meilleur moyen de compenser la perte d'information émanant des marchés consiste à en créer au sein même de l'entreprise (se reporter au graphique).

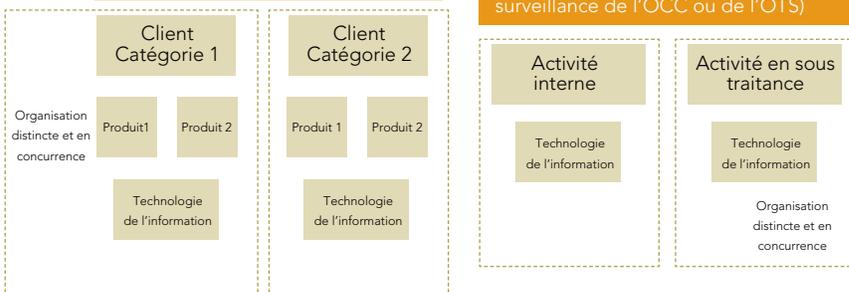
L'une des façons d'y parvenir consiste à créer des marchés internes dans l'entreprise à l'exemple du modèle de General Motors, selon lequel les divisions possèdent des produits ou des marques particulières qui se font concurrence pour l'obtention d'une part du capital (Williamson, 1981). Bien que ce soit la façon dont les conglomérats procèdent depuis

### Structure d'un conglomérat financier

Structure organisationnelle : Société de portefeuille (sous la surveillance de la Réserve fédérale)

Charte de société d'assurance (réglementation étatique)

Charte de société bancaire ou d'institution d'épargne (sous la surveillance de l'OCC ou de l'OTS)



le fardeau de la preuve en matière de gestion du risque du gestionnaire de risque au gestionnaire des opérations qui propose une activité particulière. Ces deux stratégies sont : l'élaboration de directives explicites en matière de tolérance au risque par les directeurs ou les cadres supérieurs, et le recours à des conditions en matière de gestion du risque.

Un seuil de tolérance au risque est une politique explicite visant à définir le niveau de risque qu'une entreprise est prête à tolérer. Le fait que cette politique soit définie en dehors des décisions touchant les divers projets implique que les gestion-

<sup>2</sup> Il s'agit, en partie, d'une application de la clause de réexamen au domaine de la gestion du risque. [Traduction] Dans le domaine de la politique publique, une disposition ou une clause de réexamen est une disposition d'une loi ou d'un règlement qui prévoit la fin ou l'abrogation d'une partie ou de la totalité du règlement ou de la loi après une date déterminée, à moins que d'autres mesures législatives ne soient prises afin d'en assurer la prorogation. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Sunset\\_provision](http://en.wikipedia.org/wiki/Sunset_provision)).

## « Les décisions ayant entraîné des pertes laissent une plus grande empreinte dans la culture d'une entreprise... »

leur création, il n'est pas certain que les institutions financières appliquent cette pratique de façon explicite afin d'améliorer la qualité de la répartition interne des ressources et du capital. Il s'agit là d'un avantage important de favoriser la redondance au sein de l'entreprise.

La création de divisions internes comporte un deuxième avantage : elle permet aux grandes entreprises d'être mieux en mesure de faire face au risque opérationnel et au risque systémique<sup>3</sup>. Dans les marchés concurrentiels, l'insolvabilité des entreprises découle naturellement d'une mauvaise gestion, et les marchés ne sont pas gravement perturbés par le piètre rendement ou la faillite d'une entreprise particulière. En revanche, le piètre rendement ou la faillite d'une entreprise de grande taille peut avoir des conséquences catastrophiques. La création de redondances au sein des grandes entreprises peut inciter les gestionnaires à dévoiler leur structure de coûts (fixation des prix en fonction du risque) et à améliorer la façon dont ils répartissent les ressources (répartition du capital et du personnel).

La création de divisions internes présente un troisième avantage, en ce sens qu'elle facilite l'application conjointe des règles de surveillance et de la spécialisation réglementaire. Les politiques publiques et la réglementation délimitent les pratiques sur les marchés. Les organismes de réglementation facilitent la diffusion de l'information sur les pratiques exemplaires à l'échelle d'un marché et, si tout fonctionne comme prévu, favorisent la saine concurrence en améliorant la valeur informationnelle du prix du marché.

Les gammes de produits pouvant entraîner un problème de transition sont toutes désignées pour faire l'objet de divisions distinctes. Un problème de transition existe lorsque des produits présentent des différences importantes mais subtiles qui sont difficiles à gérer pour les équipes chargées de préparer le passage de la production d'un produit à celle d'un autre. Dans le secteur de l'automobile, par exemple, l'équipe chargée de la conception, de la commercialisation et de la production de véhicules à prix élevé pourrait très bien être en mesure de fabriquer des voitures de classe économique sur

plusieurs années. Toutefois, elle pourrait perdre une part de marché si elle ne pouvait effectuer ce passage au cours d'un seul cycle du produit ou sans augmenter de façon importante le nombre de défauts des voitures. La création de divisions distinctes (ou l'impartition) pourrait à la fois accélérer la réponse du marché et réduire l'incidence des défauts<sup>4</sup>. Sur la scène financière, ce problème de transition peut se manifester lorsqu'une institution passe de l'offre de prêts hypothécaires à taux fixes à des prêts hypothécaires à taux variables ou qu'elle délaisse les clients de premier ordre pour servir des clients à risque, et ce, en raison des différences importantes sur le plan des risques liés aux contrats hypothécaires<sup>5</sup>.

### INVESTIR DANS LE SAVOIR PERMET VRAIMENT DE SE PROTÉGER

*Couvrir les risques en favorisant une culture décisionnelle fondée sur le débat.*

Dit en des termes propres à la gestion du risque, l'entreprise moderne cherche à maximiser les bénéfices, tandis que l'entreprise postmoderne vise à maximiser les bénéfices tout en se protégeant contre les risques qui en découlent. Pour la seconde, l'un des moyens importants de se protéger consiste à favoriser une culture dans laquelle la haute direction définit des objectifs clairs, encourage la gestion du risque (la prise de décisions rationnelles), prend des mesures pour collaborer avec le personnel et l'appuyer, et fait en sorte que les erreurs fassent l'objet de discussions franches et honnêtes et échappent aux punitions.

L'une des façons de décrire la différence entre l'entreprise moderne et l'entreprise postmoderne est de parler en termes de l'efficacité de Pareto. Selon ce dernier, les solutions efficaces sont celles qui prévoient un changement permettant d'améliorer la situation d'au moins une personne dans l'entreprise sans empirer celle d'une autre. Lorsqu'une rémunération peut être versée, une solution de Pareto permettra d'améliorer la situation d'un employé et prévoira la rémunération de ceux dont la situation s'est empirée (Buchanan et Tullock, 1974, p. 171-199). L'entreprise moderne cherche à atteindre une solution de Pareto, mais, à la différence de

SUITE À LA PAGE 48

<sup>3</sup> Je dois cette observation à un exposé de Nassim Nicholas Taleb, présenté à la Banque mondiale. Forum 2009: *Markets and Crises – What Next and How?* (février 2009). Taleb y traite de la résistance interne des systèmes biologiques découlant des redondances physiques.

<sup>4</sup> Il ne s'agit pas du tout d'un thème nouveau, mais cela demeure toujours une préoccupation du jour, même dans le cas de l'industrie automobile. Se reporter à Salter, Webber et Dyer, 1985.

<sup>5</sup> Les clients des prêts hypothécaires à taux variables assument le risque de taux d'intérêt, alors que ce n'est pas le cas des clients des prêts hypothécaires à taux fixes. Les clients des prêts hypothécaires à risque sont fragiles sur le plan financier, tandis que les clients des prêts hypothécaires de premier ordre ne sont pas censés l'être.

## Une mauvaise culture... | suite de la page 47

l'entreprise postmoderne, elle omet généralement de verser une rémunération.

Au sens de Pareto, il existe un lien entre la couverture de risque et le versement d'une rémunération. Le gestionnaire postmoderne s'efforce de canaliser l'énergie des pairs leaders en favorisant l'esprit de corps, les discussions honnêtes et les mesures incitatives positives.

### ORIENTER LE SAVOIR VERS LES INVESTISSEMENTS PROFITABLES

*Choisir des projets permettant de tirer des leçons profitables.*

Les projets ayant pour objet explicite (peut-être secondaire) de connaître davantage un nouveau secteur d'activité ont été décrits comme des projets d'expansion (Mun, 2002, p. 28). Cette modification des activités constitue une mesure de protection importante contre le risque lié à l'obsolescence – un risque important dans les secteurs parvenus à maturité –, dans lesquels la réponse la plus commune consiste à acquérir de nouvelles unités par le biais de la diversification et d'acquisitions, sans réformer la culture de l'entreprise. La capacité de pouvoir s'adapter et de connaître au fil du temps de nouveaux secteurs d'activité plus rentables devient donc un avantage comparatif pour l'entreprise.

Lors d'une récente conférence sur le risque systémique, Alan Greenspan (2009, p. 2) a insisté sur la nécessité pour les entreprises de prendre des risques calculés : [Traduction]

*L'on sous-estime trop souvent l'importance de l'existence de systèmes financiers efficaces comme facteur déterminant de la croissance économique et du niveau de vie. Pour qu'il y ait croissance économique, il faut que les immobilisations obsolètes et à faible productivité soient remplacées par des technologies dernier cri, c.-à-d. à productivité élevée. Les systèmes financiers ont pour but de faciliter ce processus de « destruction créatrice » en orientant l'épargne peu abondante d'un pays vers le financement d'immobilisations qui offrent le taux de rendement le plus élevé en fonction des risques, soit celles qui, presque toujours, offrent le plus haut taux de croissance de la productivité.*

La gestion du risque est un principe clé de la stratégie organisationnelle. Une entreprise moderne, soucieuse de réduire les risques au minimum, pourrait, par exemple, face à une hausse de l'instabilité de la demande pour ses produits ou services, se transformer en une entreprise traditionnelle dont l'approche serait celle d'une société de capital de risque. Ce changement de stratégie et de culture pourrait réellement

accroître la rentabilité de l'entreprise, mais il faudrait, au préalable, que celle-ci procède à une refonte en profondeur de son modèle d'affaires ainsi qu'à une réorganisation majeure. L'une des façons d'y parvenir serait de commencer à petite échelle. L'entreprise chargerait une société affiliée de petite taille de financer plusieurs petits projets en lui donnant un capital de départ ainsi que le mandat de mettre à l'essai le nouveau modèle d'affaires. Si la société connaît du succès, d'autres ressources pourraient être détournées des anciens secteurs d'activité et affectées au nouveau secteur, ce qui aurait pour effet d'accroître la rentabilité et la diversification de l'entreprise dans son ensemble.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Buchanan, James M. et Gordon Tullock. *The Calculus of Consent: Logical Foundations of Constitutional Democracy*, Ann Arbor, MI, University of Michigan Press, c1962,1974.

Ely, Bert. « Bad Rules Produce Bad Outcomes: Underlying Public-Policy Causes of the U.S. Financial Crisis », *Cato Journal*, vol. 29, n° Hiver (2009), p. 93-114.

Greenspan, Alan. *Remarks on Systemic Risk*, Conférence sur le risque systémique, American Enterprise Institute, Washington, D.C., 3 juin 2009. Sur Internet : [www.aei.org/event/100061](http://www.aei.org/event/100061).

Mun, Johnathan. *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, Hoboken, N.J., John Wiley and Sons, 2002.

Salter, Malcolm S., Alan M. Webber et Davis Dyer. « U.S. Competitiveness in Global Industries: Lessons from the Auto Industry », dans *U.S. -Competitiveness in the World Economy*, Bruce R. Scott et George C. Lodge [éd.], Boston, Harvard Business School Press, 1985, p. 185-229.

Williamson, Oliver. « The Modern Corporation: Origin, Evolution, Attributes », *Journal of Economic Literature*, décembre 1981, p. 1537-1568.

# SOA<sup>09</sup>

October 25–28, 2009  
Boston Marriott Copley Place  
and Westin Hotel Copley Place  
Boston, MA

ANNUAL MEETING & EXHIBIT



Visit [www.SOAAnnualMeeting.org](http://www.SOAAnnualMeeting.org) to learn more about the SOA 09 Annual Meeting & Exhibit, where you can expect fresh ideas, innovative seminars and top-notch speakers, plus plenty of networking opportunities.

BE SURE TO SIGN UP FOR THESE INFORMATIVE SESSIONS:

### Session 37 - Panel Discussion

ERM BEST PRACTICES - A CASE STUDY OF  
CASE STUDIES

One of the research projects under the purview of the joint risk management section is focused on researching best practices in ERM which, if implemented properly, could have prevented some of the high-profiled corporate failures of the past decade. In this session, experts will discuss WorldCOM, EnRon and others, with ample opportunities for a Socratic dialogue between you and the panelists.

### Session 128 - Panel Discussion

PRUDENT ENTERPRISE RISK MANAGEMENT: IT  
STARTS AND ENDS WITH CORPORATE CULTURE

This session will cover how the actuarial profession can help balance incentive compensation that rewards returns with the need to reflect risk undertaken to achieve those returns.



An Enterprising Approach to Risk.

**CERA**  
Chartered Enterprise Risk Analyst  
CREDENTIAL

Learn more about the CERA credential at [www.ceranalyst.org](http://www.ceranalyst.org)

**The Actuarial Society of South Africa and  
the International Actuarial Association  
invite you to the 2010 International Congress  
of Actuaries in Cape Town**



Taking place at the Cape Town International Convention Centre, in the heart of cosmopolitan Cape Town, nestled between dramatic Table Mountain and the vibrant V&A Waterfront.



Attend the congress for the latest actuarial industry developments, and be sure to take advantage of all that Cape Town and South Africa have to offer.

The 2010 International Congress of Actuaries will be hosted by the Actuarial Society of South Africa.



T +27 (0)21 683 2934 F +27 (0)21 683 0816 E [info@ica2010.com](mailto:info@ica2010.com) W [www.ica2010.com](http://www.ica2010.com)

SECTION GESTION DU RISQUE

Institut canadien des actuaires  
Casualty Actuarial Society  
Society of Actuaries

# .Gestion du risque

475 N. Martingale Road, Suite 600  
Schaumburg, Illinois 60173  
t : 847.706.3500 f : 847.706.3599  
c : [www.soa.org](http://www.soa.org)