

# MODÈLES DE RISQUES OPÉRATIONNELS PRÉVOIR LES PERTES SANS PRÉCÉDENT



**Duc Pham-Hi**

Associé  
RzM Analytics et  
Laboratoire ECE,  
Paris

Compte tenu de la crise financière récente et de l'ampleur des pertes suscitées, comment intégrer dans les modèles de risques opérationnels des *unexpected losses* de façon quantitativement justifiable, sans augmenter massivement la charge en capital? Un nouveau procédé de modélisation est proposé.



**Raphael Hagege**

Associé  
RzM Partners

Une des caractéristiques de la crise financière actuelle est l'ampleur des pertes. Celles-ci prennent des proportions au-delà de ce qui est explicable par la forte accélération de l'inflation par rapport aux crises précédentes. Les dépréciations d'actifs en 2007 de plusieurs banques – matérialisant du point de vue du risque opérationnel, le risque de modèle ou les défaillances de procédures de prêts – et les fraudes de *traders* sont chacune presque de l'ordre de grandeur de la perte de LTCM [1] en 1998.



**Nicolas Vetriak**

Associé  
RzM Partners

[1] Long Term Capital Management est un *hedge fund* apparu en 1994 et dont la quasi-faillite en 1998 fit courir un risque majeur au système bancaire international et créa des perturbations importantes sur les marchés financiers.

Faut-il systématiquement incorporer ces *unexpected losses*, pas si inattendues, dans les modèles Approche de Mesure Avancée (AMA) au titre du pilier I de Bâle II? Comment le faire de façon quantitativement valable et justifiable sans pour autant augmenter massivement la charge en capital?

Dans ce qui suit, on examinera les aspects nouveaux de la modélisation des événements extrêmes inattendus et nous tenterons d'apporter un nouvel éclairage à cette problématique à laquelle sont confrontés plus que jamais les établissements financiers. Puis nous concluons sur ces nouveaux procédés de modélisation et sur l'opportunité, voire même la nécessité d'une approche innovante en matière de *funding* [2].

## LES LIMITES DES APPROCHES TRADITIONNELLES

On se heurte de front à une problématique bien connue maintenant des modélisateurs en Approche Mesure Avancée. La difficulté réside dans les réponses à apporter à deux problèmes : d'une part, prévoir la nature des événements potentiellement déclencheurs de catastrophes, d'autre part, prévoir leurs montants : en raison des conséquences sur la performance financière d'un capital réglementaire

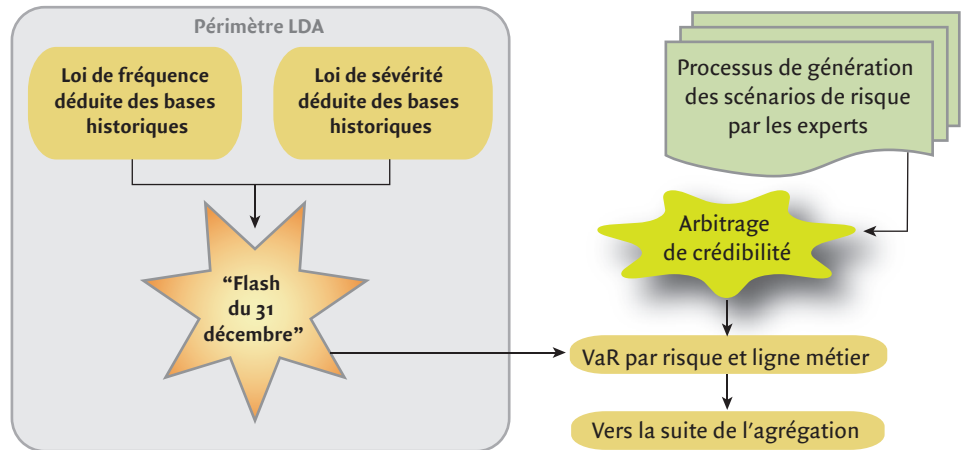
à allouer qui serait trop important, un montant de pertes inattendues serait inacceptable, voire ridicule, s'il paraissait surdimensionné.

Avant le 17 janvier 2008, qui avait – ou aurait – prévu de mettre dans ses scénarios de pertes catastrophiques un montant potentiel de l'ordre de 5 milliards d'euros? Le précédent record en fraude interne pouvait amener à chiffrer ce risque à 1 ou 2 milliards d'euros seulement, et ce chiffrage était considéré comme extrêmement conservateur. Les panels d'experts n'y arrivaient pas spontanément dans le processus de construction de scénarios sans le recours aux bases de données de pertes historiques externes collectées au niveau mondial.

À présent, sachant d'expérience que ce type d'événements peut atteindre des sommets toujours plus hauts en raison de l'interdépendance et des capitaux échangés sur les marchés de plus en plus importants, faut-il imaginer des scénarios à 7 ou 10 milliards lorsqu'on essaie d'envisager l'inimaginable? Cela ne semble pas *a priori* justifié d'un point de vue de bon sens, ni même satisfaisant méthodologiquement, en l'absence d'une approche justifiable. Or, du point de vue du superviseur, un événement d'une telle ampleur s'étant déjà produit, il pourrait se reproduire. Comment exiger des banques qu'elles mettent en œuvre des techniques ayant plus de suc-

[2] Le *funding* est l'opération qui consiste à obtenir des ressources monétaires nécessaires à l'exercice des activités de la banque et au maintien de son ratio de solvabilité.

## PROCESSUS CLASSIQUE MONTRANT LE RÔLE SUBJECTIF DE L'ADDITION DES SCÉNARIOS AUX RÉSULTATS DE LDA PAR RISQUE



cès pour les chiffrer, tout en restant dans le domaine du raisonnable sur le plan du capital ?

### DES SCÉNARIOS DE RISQUES EXTRÊMES DIFFICILES À INTÉGRER

Même lorsque les panels d'experts arrivent à analyser les événements de pertes catastrophiques et à en chiffrer les conséquences financières individuelles, la question se pose de les intégrer au modèle LDA [3] qui constitue, dans la majorité des cas, le volet quantitatif du modèle AMA. En effet, prendre en compte ces événements comme s'ils étaient des faits dans la base historique revient à considérer qu'ils se sont produits une fois (au moins) ces 3 ou 4 dernières années, puisque c'est la profondeur des bases historiques réelles. Si, au contraire, on générerait une base nouvelle en adjoignant à la base historique ces scénarios imaginaires tirés selon une fréquence modulable, on introduirait un côté subjectif suspect aux yeux du superviseur.

Cette difficulté est en général contournée en calculant séparément les scénarios catastrophes selon un modèle du type *scenario-based approach* (SBA), puis en leur affectant une pondération pour les adjoindre aux estimations de charge en capital obtenue à partir des données de pertes internes via le modèle LDA. On substitue alors aux défauts de la quantification un procédé reposant lourdement sur des estimations subjectives et souvent forfaitaires. Cette approche a cependant le mérite d'isoler ce défaut et de le paramétrer, ce qui rend plus facile la discussion de son réglage avec le superviseur. Bien que ce ne soit pas rigoureux, cette approche fait la part entre deux types différents de quantification, l'une statistique (LDA), l'autre heuristique (SBA).

[3] Loss Distribution Approach, méthode consistant à estimer la perte totale agrégée dans le temps par ses distributions en fréquence et en montant unitaire.

Un raffinement possible à la pondération peut être apporté par l'introduction d'un système itératif de modification du coefficient de partage entre la SBA et la LDA selon des règles bayésiennes[4].

### ...ET, DE TOUTE FAÇON, NON EXHAUSTIFS

Cependant, on est toujours confronté aux problèmes suivants pour trouver les incidents de perte qui ne se sont pas encore produits :

- primo, les scénarios ne sont pas exhaustifs. Le manque d'imagination des experts est tel qu'on parle souvent d'utiliser les bases de données de perte externe pour leur "donner des idées" de ce qui se passe ailleurs, ainsi que les montants et leurs fréquences d'apparition. Il est nécessaire d'utiliser une méthode qui, par une combinatoire quasi inéluctable, produirait en grand nombre des pertes de toute nature, quitte à les trier et les rejeter ou accepter ensuite;
- secundo, les modélisateurs sont trop souvent soumis aux contraintes d'économies de capital : les responsables de groupe de travail en risque opérationnel promeuvent parfois le passage en AMA comme moyen de faire des économies de capital réglementaire. Or, ces économies ne se matérialiseront que dans la mesure

[4] On nomme inférence bayésienne la démarche logique permettant de calculer les paramètres ou réviser la probabilité des hypothèses selon le théorème de Bayes et en envisageant sur un même plan les variables et les paramètres des lois.

où les vrais risques ainsi mesurés plus finement sont inférieurs aux montants estimés par la méthode standard (TSA). Dans le cas contraire, on doit s'attendre à ce que le coûteux passage en AMA révèle les vrais montants requis pour couvrir ces risques jusqu'alors sous-estimés. "Un thermomètre plus cher n'indique pas forcément une fièvre plus faible", mais le recours aux experts dans les approches par scénarios ne peut suffire pour traiter les risques extrêmes non encore avérés.

### LE CAHIER DES CHARGES POUR UN MODÈLE AMA "DYNAMIQUE"

Résumons tout d'abord le nouveau cahier des charges d'un modèle AMA quantitatif :

- il faut que l'approche se prête à un calcul qui regroupe de façon homogène et objective la partie scénario et la partie LDA dans un processus de Monte-Carlo [5] unifié. Ainsi les bases de pertes générées seront lavées de toute suspicion de subjectivité ;
- il faut résoudre la dualité de vue qui consiste, d'une part, à considérer que les distributions de fréquence et de

[5] La méthode de simulation de Monte-Carlo permet d'introduire une approche statistique du risque dans une décision financière. Elle consiste à isoler un certain nombre de variables clés du projet et à leur affecter une distribution de probabilités. Pour chacun de ces facteurs, on effectue un grand nombre de tirages aléatoires dans les distributions de probabilité déterminées précédemment, afin de déterminer la probabilité d'occurrence de chacun des résultats (source : verniment.com).

sévérité sont indépendantes, puis d'autre part, à demander aux experts de spécifier, selon la sévérité, la "rareté" des occurrences. Ainsi voit-on, par exemple, que pour telle catégorie de risque opérationnel, les pertes dans la tranche entre 100 K€ et 1 M€ arrivent une fois tous les 20 ans, et qu'entre 1 M€ et 10 M€, elle a une occurrence tous les 50 ans. Comment peut-on rapprocher ceci avec une seule distribution de "fréquence" tous événements confondus ? En estimant ces occurrences par tranche de pertes, que le modélisateur transforme en probabilité de sévérité, n'y a-t-il pas implicitement dans l'esprit des experts non-mathématiciens une confusion des deux notions ?

■ il faut résoudre les problèmes de distributions tronquées, qui se produisent soit parce que les experts ont estimé que les pertes au-delà d'un montant donné ne se produisaient jamais, soit parce que la nature même des lois empiriques se limite aux observations réelles, soit enfin que le modélisateur avait consciemment tronqué la distribution de sévérité sous l'excuse que le capital réglementaire qui en résulte n'est pas réaliste ;

■ enfin, il faut que les scénarios de risque extrêmes générés traduisent et expliquent fidèlement ce qui pourrait se passer réellement. Une approche par processus du type *business process management* (BPM) permet de représenter les scénarios de manière explicite et fournit cet aperçu explicatif sur l'enchaînement des événements de risque.

## DÉCELER LES RISQUES EXTRÊMES

Une façon de déceler les événements non encore avérés consiste à créer une combinatoire de circonstances selon des techniques stochastiques [6]. Pour les obtenir, on peut procéder selon deux axes : localiser les zones à risque puis étudier la propagation des risques dans l'organisation ; ou analyser les séquences temporelles

« Le manque d'imagination des experts est tel qu'on parle souvent d'utiliser les bases de données de perte externe pour leur « donner des idées » de ce qui se passe ailleurs, ainsi que les montants et leurs fréquences d'apparition. »

de traitement puis en établir le graphe des flux. Ces deux manières de procéder devraient donner un même résultat si elles sont menées jusqu'au bout, la première dans l'extension à la causalité, la seconde dans l'extension aux unités opérationnelles. En effet, ce qui compte c'est d'arriver à la probabilisation des montants et des occurrences d'erreurs ou de fraudes, à chaque nœud du graphe des flux (encadré).

La cartographie telle qu'elle est généralement réalisée dans les banques jusqu'à présent ne procure pas une vue utile lorsqu'on est à la recherche des événements non encore avérés. Ce type de cartographie issue d'interviews avec les experts du métier et réalisée selon un quadrillage administratif peut être comparé à une photo aérienne infrarouge de la circulation automobile d'une agglomération. Avec la densité de circulation des voitures et leurs signatures chaleur de moteur, on constate les densités de risques instantanés pour en déduire des accidents potentiels. Mais sans le tracé des routes, des carrefours et la compréhension de la logique des flux (départs au travail, rentrée au foyer...), l'information est largement amputée de sa dimension dynamique et prévisionnelle.

## RISQUES EXTRÊMES ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE

Partant de ce constat, on voit l'intérêt de se rapprocher davantage de l'optique BPM. Une branche particulière du BPM [6], l'*event-driven process chain* (EPC) se distingue par son suivi du *workflow* et sa mise à plat. Dans un EPC, les unités organisationnelles génèrent des erreurs ou fraudes, des connecteurs les propagent et les diffusent [7]. Ainsi les entités internes

sont-elles recensées pour leur rôle en tant que centres générateurs de risques, mais le contexte de risque est bien cerné dans ce cas parce que les fonctions de transformation de la valeur sont représentées formellement et rigoureusement. Ayant réalisé ce travail de mise à plat du *workflow*, on dispose aussi d'emblée des endroits où poser les points de contrôles : en attachant à chacun d'entre eux une probabilité pour qu'une erreur passe inaperçue, on dispose d'une représentation plus fidèle à la réalité qu'une estimation globale, donnée *a cappella* par un expert, du risque net et après contrôle. La fameuse obligation de tenir compte des facteurs de contrôle interne [8] est ainsi résolue de manière objective et explicite. Ce qui reste à faire est l'étape de simulation.

## UTILISER LA MÉCANIQUE DES ITÉRATIONS

La simulation a tout à gagner en reproduisant explicitement le cheminement quotidien reliant tous les états générés aléatoirement de chacun des nœuds de la représentation. En effet, de nombreuses banques représentent toutes les pertes de l'année comme se produisant le 31 décembre [9] en un "flash" où on tire simultanément le nombre d'incidents sur une base annuelle selon la loi de fréquence et les montants des pertes selon la loi de sévérité. Cette façon de procéder pêche non seulement par son côté simpliste de négation de toute éventuelle corrélation – voire de causalité – entre événements temporellement asynchrones ; elle diminue aussi la fiabilité de l'estimation du paramètre de fréquence annuelle,

reconfiguration vers les réseaux de Pétri, ce qui se fait sans trop de difficultés dans la majorité des cas, même si cela peut s'avérer fastidieux.

[8] Business Environment and Internal Control Factors.

[9] ou au mieux, à chaque fin de trimestre pour le reporting COREP.

[6] Les autres sont le *Workflow Management* (WFM) et le *Business Process Reengineering* (BPR).  
[7] La sémantique et la syntaxe avec lesquelles se construisent les EPC ne permettent pas a priori une vérification formelle. Pour ce faire, il faut une

puisqu'on ne dispose que de 3 à 5 années d'historiques de pertes. En produisant une dynamique journalière, au contraire, on crée une palette de comportement de risque qui inclut le mode "flash du 31 décembre", mais qui modélise aussi ce qui est au-delà. La palette permet de représenter des situations d'auto-corrélation, d'amplification et d'auto-entretien des erreurs, ou d'auto-stimulation : une panne de pare-feu est une stimulation puissante pour les fraudes externes grâce aux bots [10] de détection qui pululent sur Internet. Dans l'établissement de la dynamique, au-delà de la capacité du modèle à incorporer, reproduire et à restituer des situations inattendues, se trouve la rétribution d'un travail bien fait en modélisation BPM. C'est enfin là où se révéleront les situations et les pertes inédites.

### PLUSIEURS NIVEAUX DE VÉRIFICATION

Les multiples hypothèses faites concernant le fonctionnement séparé de chacun des composants de l'EPC, puis leurs interactions et interdépendances, exigent des plans de test spéciaux qui forcent les itérations Monte-Carlo selon des voies judicieusement choisies. Des approches inspirées du domaine de la qualité du logiciel peuvent servir de modèle à la construction de bancs de tests. Comme dans toute construction de modèle cherchant le réalisme, il faut être conscient qu'on passera obligatoirement par plusieurs prototypes avant d'arriver au modèle donnant satisfaction. La vérification joue donc un rôle important non seulement dans la recherche de la qualité, mais aussi dans l'activité exploratoire

[10] Les bots (abréviation de robots) sont des agents automatiques ou semi-automatiques qui interagissent avec un site Web comme le fait un utilisateur mais pour des tâches répétitives et fastidieuses pour un humain.

(*exploratory data analysis*) tant préconisée par la Banque d'Italie au sein du Committee of European Banking Supervisors.

### ÉVOLUTION DU MODÈLE PAR AUTO-APPRENTISSAGE

Une fois terminé le paramétrage du modèle dynamique faisant interagir chaque composant, et chaque état de transition, une fois probabilisée chaque étape de passage, le modèle dynamique est prêt pour faire tourner des itérations Monte-Carlo dans des circonstances définies sciemment comme extrêmes. La révélation de pertes de montant inattendu, dans les cas rares, montrera où il faut concentrer la recherche de réduction de risque, et aussi quels sont les montants exceptionnels qu'on pourrait un jour avoir la mauvaise surprise de devoir provisionner.

Cependant, même ce modèle abouti ne doit pas rester inchangé au fil du temps. D'une part, il faut prévoir dans chacune des quantifications aux nœuds générateurs de pertes, une boucle d'amélioration par des données ex post selon un mécanisme bayésien. D'autre part, il faut faire des mesures de sensibilité autour des valeurs non extrémales enregistrées, en même temps qu'on réalise des *stress tests* pour détecter si de nouvelles combinaisons de paramètres ne donnent pas des instabilités à des fréquences plus basses. Enfin, le procédé même de création de modèle dynamique doit être organisé comme un processus d'auto-apprentissage. La capitalisation du savoir-faire dans la quantification des nœuds et des liaisons, la représentation des EPC, etc. doivent être documentées, archivées et communiquées en interne.

### ÉTUDIER LES POSSIBILITÉS DE FUNDING

Le point capital des nouveaux procédés capables de révéler des pertes sans précédent est, d'une part,

d'introduire la dimension temporelle dans le modèle, d'autre part, de tenir compte de l'interaction des unités opérationnelles internes tout en prévoyant des ajustements permanents dans la mesure du risque notamment du risque de fraudes. Toute banque n'est pas capable, comme les très grands établissements, de lever 5 milliards d'euros à brève échéance en cas de perte. Or, si Bâle II exige une telle disponibilité au titre du pilier I, la pénalisation en capital réglementaire incite à chercher d'autres possibilités de *funding*. C'est là qu'un modèle détaillé avec sa décomposition en mécanismes internes de génération de pertes au fil des jours paraît intéressant.

En effet, s'il peut être démontré à la satisfaction du superviseur, grâce à un modèle détaillé, que la probabilité d'une perte est inférieure à un pour mille, en principe le capital réglementaire ne devrait pas l'inclure, du moins en pilier I. Mais si, au contraire, elle dépasse le seuil de la *value at risk* en risque opérationnel, un mode de *funding* innovant consistera à rendre mobilisable contractuellement une sorte de capital en Tier Four, qu'on pourrait appeler du capital conditionnel ou occasionnel. Ce capital viendrait d'"actionnaires conditionnels" preneurs de risques rémunérés par la banque avec un dividende du risque. Ce mécanisme pourrait reposer sur un principe de titrisation [11] du risque. Le préalable en est un mécanisme de valorisation détaillé et convaincant du risque, aux fins de montrer par un calcul qui serait suffisamment crédible à un marché d'investisseurs qu'ils seraient rémunérés au véritable prix du risque. ■

**«Toute banque n'est pas capable comme les très grands établissements, de lever 5 milliards d'euros à brève échéance en cas de perte.»**

[11] Cf. "Titrisation du Risque Opérationnel", Falgeras, Hagege, Vetriak & Pham-Hi, Revue Banque n°693, juillet-août 2007.